



Le Réseau ECOFLUX

**Convention entre l'IUEM-UBO
et le Conseil Général du Finistère**



Rapport annuel de janvier 2006

Patrick Pouline et Paul Tréguer

Brest, le 31 août 2006

SOMMAIRE

I.	PRESENTATION DU RESEAU.....	3
I.1.	RAPPEL DES OBJECTIFS	3
I.2.	LES RIVIERES SUIVIES PAR LE RESEAU.....	4
I.3.	LES ACTEURS DU RESEAU.....	5
II.	ACTIONS PEDAGOGIQUES ET COMMUNICATION.....	6
II.1.	LES INTERVENTIONS DU RESEAU ECOFLUX EN 2005	6
II.2.	LE PROJET DE SUIVI PEDAGOGIQUE (2005-2006).....	7
II.2.1.	« Au fil de l'eau ou à l'école de l'eau »	7
II.2.2.	Les projets des établissements participants	9
III.	RESULTATS SCIENTIFIQUES	10
III.1.	LES NITRATES	10
III.1.1.	Concentrations en nitrates	11
III.1.1.1	Concentrations moyennes annuelles et évolution.....	11
III.1.1.2	Le classement SEQ-eau.....	13
III.1.1.3	Variations hebdomadaires et saisonnières.....	14
III.1.2.	Flux de nitrates	18
III.1.2.1	Flux moyens et évolution	18
III.1.2.2	Variations mensuelles des flux de nitrates	20
III.2.	LES SILICATES.....	22
III.2.1.	Concentrations en silicates	22
III.2.1.1	Concentrations moyennes annuelles et évolution.....	22
III.2.1.2	Le classement SEQ-eau.....	24
III.2.1.3	Variations hebdomadaires et saisonnières.....	24
III.2.2.	Flux de silicates.....	27
III.2.2.1	Flux moyens annuels et évolution	27
III.2.2.2	Variations des flux	29
III.3.	LES PHOSPHATES	31
III.3.1.	Concentrations en phosphates.....	31
III.3.1.1	Concentrations moyennes annuelles et évolution.....	31
III.3.1.2	Le classement SEQ-eau.....	33
III.3.1.3	Variations hebdomadaires et saisonnières.....	34
III.3.2.	Flux de phosphates.....	37
III.3.2.1	Flux moyens annuels et évolution	37
III.3.2.2	Variations des flux	39
III.4.	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	40

Annexes

Bibliographie

Résumé

Depuis 1998, le Réseau ECOFLUX, mis en œuvre dans le cadre d'une collaboration entre le Conseil Général du Finistère et l'IUEM, a pour mission de décrire la variabilité, à l'échelle hebdomadaire, saisonnière et interannuelle, des concentrations de sels nutritifs (nitrates, phosphates, silicates) de treize fleuves représentatifs du Finistère en terme géologique mais également économique.

Les échantillons sont prélevés grâce à l'implication des élèves et professeurs de cinq établissements scolaires (Lycée de Suscinio, Maison Familiale de Morlaix, l'Institut Rural de Lesneven, le lycée Le Nivot de Lopérec et le lycée de l'Aulne à Châteaulin) et de 21 bénévoles.

L'ensemble des données acquises par le Réseau ECOFLUX est regroupé au sein d'une base de données, accessible sur Internet (<http://www.univ-brest.fr/IUEM/observation/ecoflux/ecoflux.htm>) par tous (particuliers, scientifiques, collectivités...). Y sont ajoutées les précipitations enregistrées par Météo France pour cinq stations météorologiques proches des embouchures des différents cours d'eau suivis ainsi que les mesures de débit réalisées par la DIREN sur sept rivières suivies (Dourduff, Dossen, Penzé, Guillec, Elorn, Douffine, Aulne) permettant ainsi l'estimation des flux de nitrates, phosphates et silicates parvenant dans les zones littorales où ils se déversent.

L'objet du présent rapport est de présenter l'ensemble des résultats acquis depuis la création du réseau ECOFLUX afin de décrire les évolutions de la qualité de l'eau des treize rivières suivies depuis 1998. Pour l'année 2005, en général, est observé une stabilisation voire une diminution des concentrations et des flux de nitrates sauf pour le St Laurent. A l'inverse, les moyennes annuelles en phosphates ont augmenté dans de nombreuses rivières, entraînant une dégradation du classement SEQ-eau alors que les flux annuels ont diminué depuis l'année 2001. De plus, sont présentés la mise en place du projet de suivi pédagogique « Au fil de l'eau ou à l'école de l'eau » et la création de fiches pour chacune des rivières.

Le réseau ECOFLUX participe ainsi à la sensibilisation du public et en particulier des jeunes, à la nécessité de protéger la ressource aquatique, mission réalisée au moyen d'interventions dans les classes, de conférence de presse, d'articles, de l'Internet.

I. PRESENTATION DU RESEAU

I.1. RAPPEL DES OBJECTIFS

Les objectifs visés pour l'année 2005 sont les suivants :

- *Sensibiliser les élèves de six établissements de formation finistériens, notamment les élèves de 1ère STAE d'établissement de formation agricole, à la dégradation de la qualité de nos cours d'eau et à l'eutrophisation de certaines zones littorales, en les impliquant dans un suivi des rivières de leur voisinage*
- *Connaître les concentrations de nitrates, phosphates et silicates au débouché des 13 cours d'eau suivants : la Flèche, le Quillimadec, le Kerharo, le Lopic, le Ris, le Saint Laurent, le Dourduff, le Dossen, la Penzé, le Guillec, l'Elorn, la Douffine et l'Aulne ; connaître les flux de nitrates, de phosphates et de silicates se déversant au débouché des 7 cours d'eau suivants : le Dourduff, le Dossen, la Penzé, le Guillec, l'Elorn, la Douffine et l'Aulne*
- *Interpréter et présenter ces données de façon synthétique pour une mise à disposition sur internet. (voir Site Internet : <http://www.univ-brest.fr/IUEM/observation/ecoflux/ecoflux.htm>).*
- *Apporter des données complémentaires nécessaires à la compréhension des mécanismes de développement des marées vertes. Les données fournies par les établissements scolaires viendront abonder les bases de données existantes du Conseil Général et des organismes de recherche.*

(...)

Cette mission comprendra également des actions d'information, en liaison avec le Conseil Général, auprès des établissements scolaires partenaires du réseau mis en place. En outre, une opération de communication IUEM/UBO – Conseil Général dirigée vers les médias sera organisée. (Voir chapitre II)

I.2. LES RIVIERES SUIVIES PAR LE RESEAU

Depuis 1998, le réseau ECOFLUX surveille la qualité de l'eau de treize fleuves finistériens (figure 1).

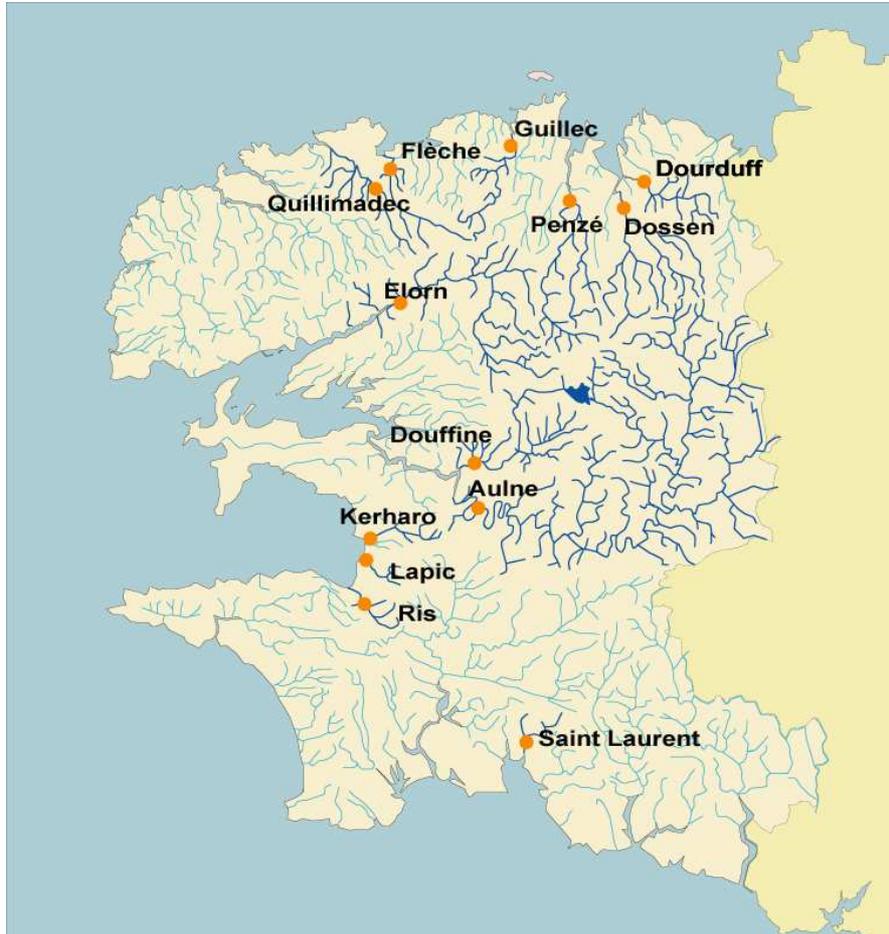


Figure 1. Réseau ECOFLUX : Fleuves suivis par le réseau ECOFLUX

Pour chaque rivière, des prélèvements sont réalisés chaque semaine en un point précis ; en suivant le protocole donné en début d'année à tous les bénévoles (tableau I et annexe I).

Tableau I Point de prélèvement pour chacune des rivières

Rivières	Points de prélèvement
Le Dourduff	D 46, Dourduff en terre
Le Dossen	Port de plaisance de Morlaix
La Penzé	Le Merdy, Penzé
Le Guillec	D10 à Saint Jacques, Sibiril
La Flèche	D129 à Lanvrein, Tréfléz
Le Quillimadec	D 125, aire de repos, route de Lesneven
L'Elorn	Rue des écossais à Landerneau
La Douffine	D 770 à Pont Neuf (à la sortie Pont de Buis)
L'Aulne	Centre ville de Châteaulin
Le Kerharo	Plage de Kerviguen (à l'exutoire)
Le Lapic	Tréfeuntec (à l'exutoire)
Le Ris	Entre Kerstrat et Mescalet
Le Saint Laurent	Beg Menez, La Forêt Fouesnant

I.3. LES ACTEURS DU RESEAU

Subventionné en majorité par le Conseil Général et coordonné par l'IUEM, le réseau ECOFLUX fonctionne grâce à des établissements scolaires et des bénévoles (tableau II) qui, tout au long de l'année, se relaient pour effectuer les prélèvements sur les treize rivières suivies.

Tableau II Récapitulatif des établissements scolaires et des bénévoles associés au réseau

Rivières	Etablissements réalisant les prélèvements	Bénévoles réalisant les prélèvements
Le Dourduff	L.E.G.T.A ¹ . de Suscinio, Ploujean	M. QUERE, Locquéolé M. JALLIFIER, Morlaix, SIVOM⁴ de Morlaix
Le Dossen	M.F.R. ² de Morlaix	
La Penzé	/	M. DERRIENNIC, Carantec
Le Guillec	/	M. KEREBEL, Sibiril
La Flèche	AGROTECH, Lesneven	M. PERON, Goulven
Le Quillimadec	Institut Rural de Lesneven	Mme LE GAD, Lesneven (Communauté de Communes de Lesneven)
L'Elorn	/	M. MESCAM, Daoulas
La Douffine	L.A.P. ³ Le Nivot, Lopérec	M. HERVE, Pont de Buis (APPMA⁵ de la Douffine)
L'Aulne	L.E.G.T.A. de Châteaulin	M. LE DOARE, Châteaulin (APPMA de Châteaulin)
Le Kerharo	/	Mme LAUNAY, Ploeven
Le Lapic	/	M. TALBOT, M. NOUY, Me HUSE, Douarnenez
Le Ris	/	M. BERNIER, Le Juch
Le Saint Laurent	/	Mlle NEDELLEC, Fouesnant (CEMPAMA de Beg Meil)

¹ L.E.G.T.A : Lycée d'Enseignement Général et Technologique Agricole

² M.F.R : Maison Familiale Rurale.

³ L.A.P : Lycée Agricole Privé.

⁴ S.I.V.O.M : Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple.

⁵ A.P.P.M.A. : Association pour la Pêche et Protection du Milieu Aquatique.

II. ACTIONS PEDAGOGIQUES ET COMMUNICATION

II.1. LES INTERVENTIONS DU RESEAU ECOFLUX EN 2005

Différentes interventions ont eu lieu auprès des élèves réalisant les prélèvements ainsi qu'auprès d'élèves d'autres établissements (tableau III).

Tableau III Récapitulatif des réalisées au cours de l'année 2005 dans le cadre du réseau ECOFLUX

Actions pédagogiques en 2005	
11/05/2005	Réunion - bilan ECOFLUX à Océanopolis - présence d'élèves de la MFR de Morlaix, du LEGTA de Suscinio, du lycée de Chateaulin et du LAP Le Nivot
03/06/2005	Bilan annuel avec les élèves de MFR de Morlaix, réunion - débat sur les résultats du réseau ECOFLUX et du travail des élèves.
03/06/2005	Bilan annuel avec les élèves du LEGTA de Suscinio, réunion - débat sur les résultats du réseau ECOFLUX et du travail des élèves.
13/09/2005	Présentation du réseau ECOFLUX aux élèves de la MFR de Morlaix, qualité de l'eau finistérienne - sortie sur le terrain
14/09/2005	Présentation du réseau ECOFLUX aux élèves du LAP Le Nivot, généralités sur le thème de la qualité des eaux
14/10/2005	Présentation du réseau ECOFLUX aux élèves de l'I'REO ¹ de Lesneven, généralités sur le thème de la qualité des eaux
09/11/2005	Rencontre avec Faustine Merret ² et le collègue Max Jacob à Quimper
10/11/2005	Présentation du réseau ECOFLUX aux élèves du Lycée AGROTECH à Lesneven, généralités sur le thème de la qualité des eaux et de l'impact anthropique.
18/11/2005	Présentation du réseau ECOFLUX aux élèves du Lycée de Suscinio à Morlaix, généralités sur le thème de la qualité des eaux et de l'impact anthropique.
25 au 27/11/2005	Participation au « Festival des métiers de la Mer » à Quimper, de concert avec le lycée Le Nivot et la ferme de Kerlavic
13/01/2006	Participation de Faustine Merret lors des présentations du réseau ECOFLUX dans les collèges et les lycées.
Actions à mener en 2005-2006	
Avril 2006	Rencontre inter établissements scolaires
Mai 2006	Réunion - bilan ECOFLUX à Océanopolis (?)

Le mercredi 11 mai 2005, à l'attention des bénévoles et des élèves des différents établissements scolaires, nous avons organisé une réunion à Océanopolis. Le matin permis la réalisation d'une conférence de presse avec Mme Chantal SIMON GUILLOU, Mme Laure GORIUS (du Conseil Général du Finistère) et Mr Thierry PATRIS (du Pole Analytique des Eaux) et trois journalistes (Télégramme, Le Courrier du Léon et RCF rivages). Une interview a également été donnée à Ouest France et à France Bleue Breizh Izel. L'après midi, la réunion a présenté le réseau ECOFLUX aux nouveaux bénévoles et le bilan 2004 du réseau sur les nitrates et les phosphates. Elle a réuni 103 personnes dont : 4 classes (LEGTA de Suscinio, Lycée de l'Aulne à Chateaulin, MFR de Morlaix et LAP Le Nivot). En fin de journée, une visite d'Océanopolis leur a été proposée pour clôturer cet événement. (cf. Annexe II)

¹ I.R.E.O. : Institut Rural d'Education et d'Orientation.

² Faustine Merret : Championne Olympique de planche à voile.

II.2. LE PROJET DE SUIVI PEDAGOGIQUE (2005-2006).

II.2.1. « AU FIL DE L'EAU OU A L'ECOLE DE L'EAU »

Résumé du projet :

Afin d'impliquer davantage et de sensibiliser les élèves participant au réseau ECOFLUX, réseau de surveillance de la qualité de l'eau de treize rivières finistériennes, le projet « Au fil de l'eau ou à l'école de l'eau » a été créé. Il consiste à :

- ✓ mettre en place un suivi pédagogique durant l'année scolaire 2005-2006,
- ✓ favoriser une rencontre entre les élèves des différents établissements.

Lors de l'année scolaire, ces élèves préparent un exposé sur le bassin versant et la rivière qu'ils suivent ; en intégrant les données du réseau ECOFLUX sur les nitrates, les phosphates et les silicates. Cet exposé sera présenté lors du rendez-vous inter-établissements scolaires, en avril 2006. Il aura lieu une fois par an dans un des collèges ou lycées participants et permettra de mettre en valeur les projets liés à l'eau réalisés au cours de l'année par les élèves avec la remise d'*un prix pour chaque établissement scolaire participant*.

Thèmes abordés :

- ✓ L'eau et sa qualité
- ✓ Les acteurs de l'environnement
- ✓ L'éco-citoyenneté

Catégorie du projet :

- ✓ Agir ensemble sur un projet environnemental
- ✓ Eduquer à l'environnement

Exposé détaillé du projet :

Le projet « Au fil de l'eau ou à l'école de l'eau » prolonge la démarche déjà existante de sensibilisation, des futurs jeunes agriculteurs à la protection et à la qualité de l'eau. Tout en continuant le travail, déjà effectué sur le réseau ECOFLUX, où les élèves font des prélèvements hebdomadaires sur une des rivières suivies, ce projet se propose de rendre plus actifs les élèves en les impliquant et en les sensibilisant davantage. Ce projet aura pour but :

- de comprendre les évolutions des pollutions liés aux nitrates aux phosphates sur leur bassin versant,
- de développer l'envie d'agir contre ces pollutions en montant des projets liés à l'eau
- et de créer un lieu d'échange, de communication entre les élèves sur le thème de l'eau, sa qualité et sa préservation.

Le projet « Au fil de l'eau ou à l'école de l'eau » concerne les six établissements de formation finistériens, qui réalisent déjà les prélèvements hebdomadaires ; notamment les élèves de 1^{ère} STAE d'établissements de formation agricole : le LEGTA de Suscinio, le LEGTA de Châteaulin, le Lycée agricole privé du Nivot (Lopérec), la Maison Familiale Rurale de Kerozar (Morlaix), l'Institut Rural de Lesneven, le lycée agricole AGROTECH de Lesneven.

A ceux-ci, pourrait être associés d'autres établissements qui réaliseraient des projets liés à l'eau au cours d'année comme le collège de l'Elorn (Landerneau), le collège Saint Blaise (Douarnenez) et des écoles primaires.

✓ **Durée du projet (Octobre 2005 à Avril 2006, renouvelable):**

- Il est mis en place depuis la rentrée scolaire 2005-2006 et se terminera avec la rencontre inter-établissements scolaires en Avril 2006.
- La présentation à Océanopolis serait, toutefois, maintenu pour les autres bénévoles avec peut-être la création d'un colloque (plus ouvert sur des questions de marées vertes, d'efflorescence d'algues impropres à la consommation de fruit de mer, de gestion concertée du littoral avec CAP 2000 avec des présentations de spécialistes sur ces problèmes et aussi sur l'utilisation des données ECOFLUX).
- Il aurait lieu au mois de Mai, un mercredi après midi, avec la visite de l'Aquarium d'Océanopolis comme récompense pour le travail des bénévoles.

✓ **Localisation de la rencontre inter-établissements scolaires**

Elle aura lieu dans un des établissements scolaires participants. Le lycée AGROTECH de Lesneven, le lycée LAP le Nivot et le lycée de l'Aulne à Châteaulin se sont déjà proposés.

✓ **Etapes du projet**

- **Octobre – Novembre** : La présentation du réseau ECOFLUX est maintenue en début d'année scolaire. (afin de parler de son rôle, ses objectifs, de définir des termes utilisés comme concentrations, flux, SEQ-eau et expliquer le protocole des prélèvements).

Les élèves pourront ensuite (**Novembre – Mars**):

- Construire, au cours de l'année scolaire, les graphiques d'évolution des nitrates, des silicates et des phosphates de la rivière étudiée ainsi que le graphique de pluviométrie. Les résultats des analyses leur seront donnés après chaque collecte.
- Raisonner pour expliquer et comprendre eux même cette évolution avec l'aide de l'animateur du réseau afin de préparer leur exposé, lors d'intervention trimestrielle pendant l'année scolaire.
- S'ils le souhaitent, mettre en place avec leur professeur un projet lié à l'eau qui sera présenté lors de la rencontre inter-établissements scolaires. Exemples de sujets :

- Mener une enquête pour identifier des sources de pollutions sur leur rivière.
 - Travailler avec des agriculteurs pour voir comment ils pratiquent, qu'est ce qu'ils ont mis en place pour réduire les apports.
 - Rencontrer des animateurs de bassins versants, visiter des stations d'épurations
 - Organiser une réunion-débat entre les différents acteurs de leur bassin versant
- **En avril**, mise en place la rencontre inter-établissements avec remise de prix dont le prix ECOFLUX (pour le meilleur projet). Exemple de prix pouvant être décernés : traversée de la rade de Brest sur le vieux gréements « Notre Dame de Rumengol », une initiation à la planche à voile avec Faustine Merret, une visite de la maison de la rivière à Sizun, une visite de l'aquarium d'Océanopolis avec un guide.

Communication prévue :

- ✓ Presse écrite invitée lors des différentes réunions avec les lycéens au cours de l'année (dont la rencontre avec Faustine Merret prévue le 13 janvier 2006 au lycée de Suscinio) et à la journée de la rencontre inter-établissements.
- ✓ Presse audiovisuelle invitée à la journée de la rencontre inter-établissements.
- ✓ Communication régulière sur le site internet du réseau ECOFLUX : (<http://www.univ-brest.fr/IUEM/observation/ecoflux/ecoflux.htm>). Le site internet actuel devrait être amélioré au cours de l'année pour faciliter l'échange entre les différentes classes participantes.

II.2.2. LES PROJETS DES ETABLISSEMENTS PARTICIPANTS

Certains établissements ont mis ou souhaitent mettre en place des projets :

- LAP le Nivot : présenter un exposé au festival des métiers du littoral sur le rôle de l'agriculteur intégrant l'environnement dans ses pratiques agricoles.
- AGROTECH Formation à Lesneven : enquêter sur l'origine des pollutions (nitrates et phosphates) du bassin versant de 'La Flèche'.
- IREO de Lesneven : 'Pourquoi existe-il un besoin d'intensifier l'agriculture dans le monde en pompant beaucoup d'eau ?' (Un zoom sur leur bassin versant sera réalisé)
- Collège de l'Elorn et collège Saint Blaise : participer à un concours pour créer le logo ECOFLUX et être sensibiliser à la qualité de l'eau.
- MFR de Morlaix : rencontrer l'animateur de leur bassin versant et réaliser un exposé sur les actions mis en place sur leur bassin versant pour réduire ces pollutions.

III. RESULTATS SCIENTIFIQUES

L'annexe III présente les données détaillées acquises depuis janvier 2005. L'objet de ce chapitre est de mettre en évidence les tendances générales et l'évolution des résultats. L'année 2000 étant incomplète, l'étude portera essentiellement sur les années 1999 et 2001 à 2004. Le nombre de prélèvements en 2004 a été insuffisant sur la rivière du Guillec, expliquant l'absence d'exploitation de certains paramètres sur ce site.

Les données obtenues par le réseau ECOFLUX permettent de mettre en évidence les variations des concentrations et des flux des éléments suivis d'une rivière à l'autre d'une part, et d'une semaine, d'une saison ou d'une année sur l'autre d'autre part. Les causes de ces variations sont connues, elles sont dues :

- aux différences de la géologie des bassins versants et de la constitution du sol (perméabilité du sol, pente, nature de la roche, importance des réserves souterraines...),
- aux activités économiques (agriculture mais aussi urbanisme, tourisme pisciculture ou encore industrie),
- et aux variations climatiques et en particulier à celles de la pluviométrie : les précipitations efficaces déterminent les débits fluviaux ainsi que l'intensité du lessivage des sols.

Ainsi, chaque rivière suivie est alimentée par un bassin versant ayant des caractéristiques géologiques et économiques particulières. En accord avec le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), trois catégories de bassins versants parmi les rivières suivies par le réseau ECOFLUX ont été définies :

- les rivières dont le bassin versant présente des réserves souterraines importantes : le Dourduff, le Dossen, le Guillec, le Quillimadec, la Flèche, le Ris et le Saint Laurent ;
- les rivières dont le bassin versant présente des réserves souterraines faibles : l'Aulne, la Douffine, le Lopic et le Kerharo,
- les rivières dont le bassin versant présente des réserves souterraines intermédiaires : l'Elorn et la Penzé.

Afin de rendre plus compréhensible le suivi des treize rivières du réseau ECOFLUX, une fiche de renseignement est en train d'être construite sur chaque rivière. Elle contiendra les renseignements géographiques, géologiques et les usages anthropiques correspondant à chaque bassin versant. (cf Annexe IV et Annexe V)

III.1. LES NITRATES

Le nitrate est une forme chimique particulièrement soluble dans l'eau. Il quitte le sol via les eaux de percolation puis est principalement véhiculé par les eaux souterraines. Le ruissellement superficiel peut également être vecteur de nitrates. Les apports ont diverses conséquences sur la teneur en élément dans une rivière, à savoir qu'ils peuvent selon leur importance être source de dilution ou de concentration de l'élément dans la rivière. Les

variations hydrologiques saisonnières (variations des précipitations), couplées aux processus biologiques (consommation, minéralisation, dénitrification) vont également agir en fonction du temps sur les teneurs en nitrates dans le fleuve. On distingue quatre types de périodes caractéristiques des variations de concentrations : la crue, le cycle annuel, les variations interannuelles de quelques années et les grandes tendances sur quelques décennies (C. Martin et al, 2004). Les données collectées par le réseau ECOFLUX permettent essentiellement l'étude des trois premiers types de période caractéristique. Toutefois, la poursuite des actions du réseau ECOFLUX l'autorisera à obtenir de longues séries temporelles ; à étudier. Dans un premier temps, nous tenterons donc d'établir les variations interannuelles observées depuis 1998, ainsi que les variations saisonnières des teneurs en nitrates sur les treize rivières suivies.

Par ailleurs, on sait que l'impact des éléments nutritifs sur un écosystème (par exemple en zone littorale) est essentiellement déterminé, non pas par la concentration de l'élément dans l'eau, mais surtout par le flux d'élément (P. Arousseau, 2003). Ainsi, les proliférations d'algues vertes sont conditionnées en partie par les flux d'azote parvenant pendant la période de mai à septembre (J.-Y. Piriou et P. Souchu, 2001). Dans un deuxième temps, nous établirons donc les variations interannuelles et mensuelles des flux de nitrates depuis 1998 pour sept des treize rivières suivies par le réseau ECOFLUX.

III.1.1. CONCENTRATIONS EN NITRATES

III.1.1.1 Concentrations moyennes annuelles et évolution

Les variations interannuelles sont dues à la variabilité climatique (précipitations, température, ensoleillement...) d'une part, et d'autre part à la variabilité des activités humaines, notamment agricoles, qui conjointement vont conditionner les entrées et les stockages de nitrates, tant dans le sol que dans la nappe phréatique.

Les concentrations moyennes annuelles en nitrates sont présentées dans le tableau IV et la figure 2 comparant les différentes années suivies.

Tableau IV Réseau ECOFLUX : Moyennes annuelles et écart-type des concentrations en nitrates

	1999		2001		2002		2003		2004		2005	
	Moyenne (mgNO ₃ /l)	Ecart type										
Dourduff	44,6	8,8	42,8	8,1	37,3	8,9	37,6	7,1	37,6	6,9	36,1	8,1
Dossen	31,1	6,5	33,2	12,2	25,3	6,7	27,6	4,3	27,8	2,6	26,3	4,0
Penzé	58,2	12,9	60,0	15,6	47,1	8,2	50,8	6,9	50,0	9,3	51,4	11,9
Guillec	91,3	21,9	93,1	19,9	81,1	18,5	88,6	9,5	/	/	80,4	13,0
Flèche	71,1	15,3	69,0	16,0	62,2	14,7	65,0	10,9	59,0	14,9	61,3	15,1
Quillimadec	58,3	12,2	57,0	14,2	52,4	12,4	56,5	8,4	51,3	12,2	52,0	15,7
Elorn	39,3	6,4	35,0	6,4	32,8	4,5	35,0	7,0	35,2	4,7	35,0	5,2
Douffine	22,7	5,2	18,9	4,3	18,5	3,6	18,2	3,4	20,4	4,4	19,0	4,2
Aulne	27,1	9,8	19,3	7,7	20,9	7,0	17,6	10,3	23,6	8,0	21,1	12,2
Kerharo	39,0	6,3	34,9	9,5	34,7	6,6	31,5	9,3	33,8	7,4	31,1	7,2
Lapic	48,5	9,1	47,7	7,1	46,1	4,9	40,0	10,4	43,0	7,6	39,7	7,6
Ris	39,5	7,4	37,5	4,7	33,7	4,4	35,7	3,6	35,5	2,8	35,6	6,8
St Laurent	45,1	7,3	42,5	5,8	40,7	5,4	39,8	4,9	35,8	6,2	39,5	6,1

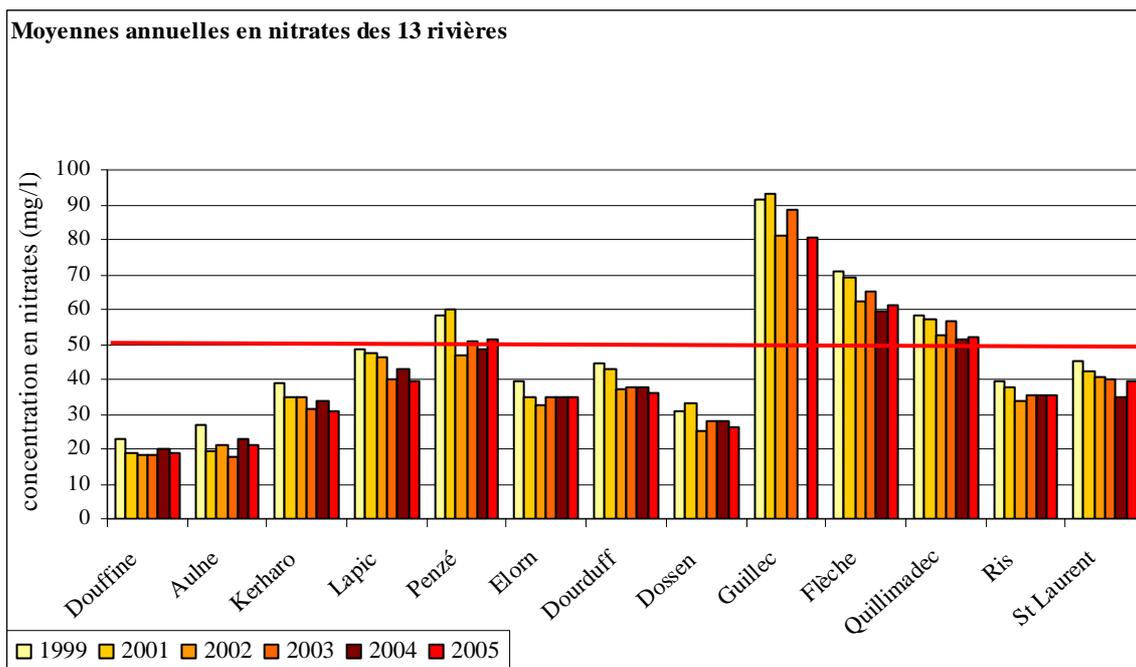


Figure 2. Réseau ECOFLUX : Moyennes annuelles des concentrations en nitrates des rivières suivies

Deux groupes de rivières se distinguent : celles en dessous de 50 mg/l de nitrate et celles au dessus de cette norme européenne. Ce classement est tiré de la directive eau potable (16/06/1975) concernant la qualité requise des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire et permet d'interdire l'utilisation de ces eaux si son taux de nitrates est supérieur à 50 mg/l.

En général, les rivières situées dans le Nord Finistère ont des moyennes annuelles très élevées (supérieures à 50 mg/l en 2005): la Penzé, le Guillec, la Flèche et le Quillimadec se trouvent dans cet catégorie. L'activité agricole intensive, avec des zones très légumières au nord, est en grande partie à l'origine de ces résultats.

Toutefois, depuis la création du réseau, nous observons des évolutions. Malgré une légère augmentation entre 2003 et 2004 pour certaines rivières, les concentrations en nitrate ont eu tendance à diminuer dans les rivières depuis 1999; particulièrement pour la Penzé et la Flèche.

Des tests statistiques (test ANOVA et le test des étendues multiples) ont été menés sur la période 1999 – 2004. Ils révèlent qu'à un niveau de confiance de 95%, la différence des moyennes annuelles de 1999 et de 2001 est statistiquement significative par rapport aux moyennes annuelles 2002, 2003, 2004. Ces dernières ont présenté une baisse des concentrations en nitrates pour la majorité des rivières suivies entre ces deux groupes homogènes (Dourduff, Dossen, Penzé, Kerharo, Ris, Saint Laurent...) (cf Annexe VI).

A priori, compte tenu de la réduction des précipitations à l'échelle annuelle sur l'ensemble des bassins versants, nous pouvons nous attendre à une baisse ou une stabilité des concentrations en nitrates. C'est ce qui est observée en 2005, sauf pour le Saint Laurent, la Penzé et à un degré moindre, la Flèche et le Quillimadec.

La série temporelle est, pour l'instant, trop courte pour pouvoir distinguer l'effet climatique (réduction des précipitations) de l'effet anthropique (réduction des épandages azotés sur les bassins versants).

On notera que les rivières appartenant à la catégorie des réserves souterraines faibles ont tendance à avoir des concentrations moyennes annuelles en nitrates inférieures à celles dont les réserves souterraines sont importantes, excepté le Lapic (cf. Annexe V).

III.1.1.2 Le classement SEQ-eau

La figure 3 présente les classements SEQ-eau (Système d'Évaluation de la Qualité de l'eau), outil commun aux organismes responsables de la surveillance de la qualité de l'eau, établis en 1999, 2001, 2002, 2003, 2004 et 2005 pour le paramètre nitrates d'après les résultats obtenus pour les prélèvements. La flèche indique la classe de la rivière pour chaque année en prenant en compte le percentile 90 (ou les 10% d'erreurs admissibles). A titre d'exemple, le Dourduff est classé en eau de très mauvaise qualité en 1999 et en eau de mauvaise qualité en 2003. La présentation proposée permet de visualiser l'importance relative de chaque classe sur l'ensemble des prélèvements réalisés dans l'année considérée.

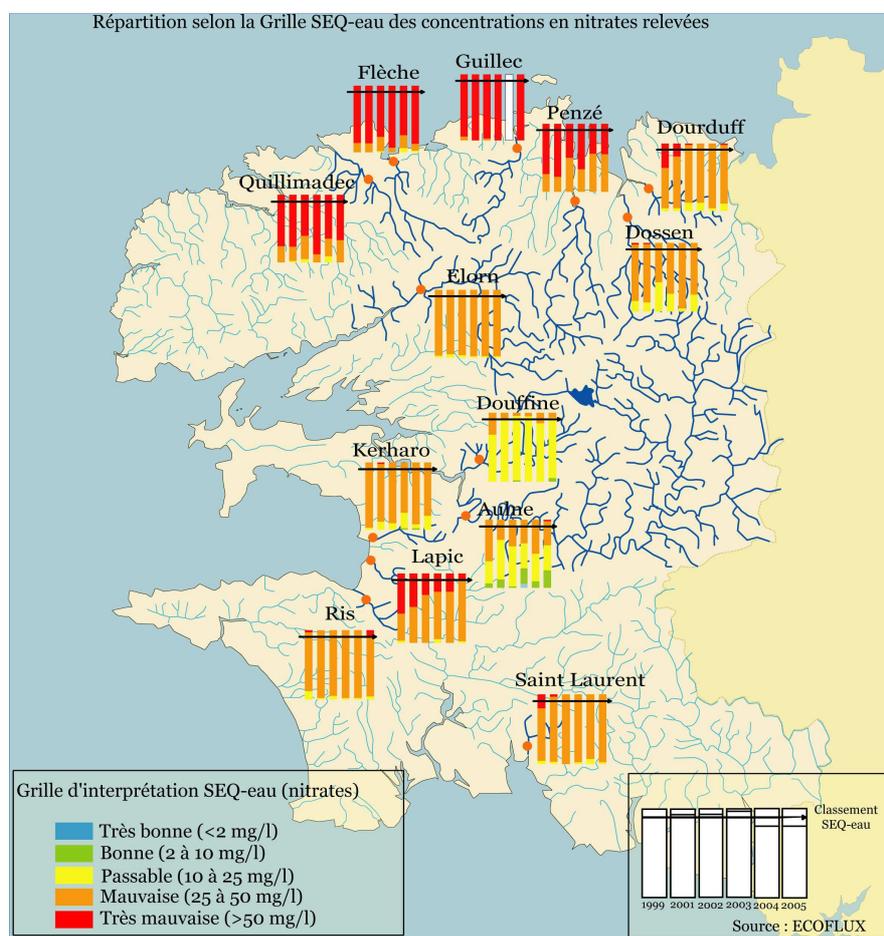


Figure 3. Réseau ECOFLUX : Classement SEQ-eau pour le paramètre nitrates des rivières suivies.

Malgré la diminution observée des teneurs en nitrates, le classement SEQ-eau met en évidence la qualité plutôt médiocre des rivières suivies par le réseau ECOFLUX.

Les rivières les plus mal classées se situent comme les années précédentes dans le Léon (Nord Finistère) où l'activité agricole est plus importante. Ainsi, comme en 2004, cinq rivières (Penzé, Guillec, Quillimadec, Flèche et Lapic qui s'améliore pourtant en 2005) ont été classées pour ce paramètre en eau de très mauvaise qualité, et ce pour les six années pour

lesquelles le suivi est complet. L'Aulne et la Douffine présentent les meilleurs résultats; il n'en reste pas moins que comme le Dourduff, le Dossen, l'Elorn, Le Kerharo, le Ris et le Saint Laurent, ils sont classés en 2005 en eau de qualité mauvaise pour le paramètre « nitrates ».

Les différences parfois importantes observées entre 2003 et 2004 sont sans doute à mettre en relation avec la sécheresse de l'été 2003. On avait en effet pu remarquer que les concentrations en nitrates avaient fortement diminué dans les rivières à faibles réserves souterraines pendant l'été 2003 (cf. rapport janvier 2004).

III.1.1.3 Variations hebdomadaires et saisonnières

Les concentrations varient à l'échelle hebdomadaire et saisonnière

De même que les concentrations varient d'une année sur l'autre, on assiste à des variations rapides d'une semaine à l'autre. Pour certaines rivières, on peut également observer des cycles saisonniers des concentrations en éléments.

a) Variabilité des concentrations à l'échelle hebdomadaire

La figure 4 présente un exemple de résultats en nitrates obtenus sur la période d'étude (septembre 1998 – novembre 2005).

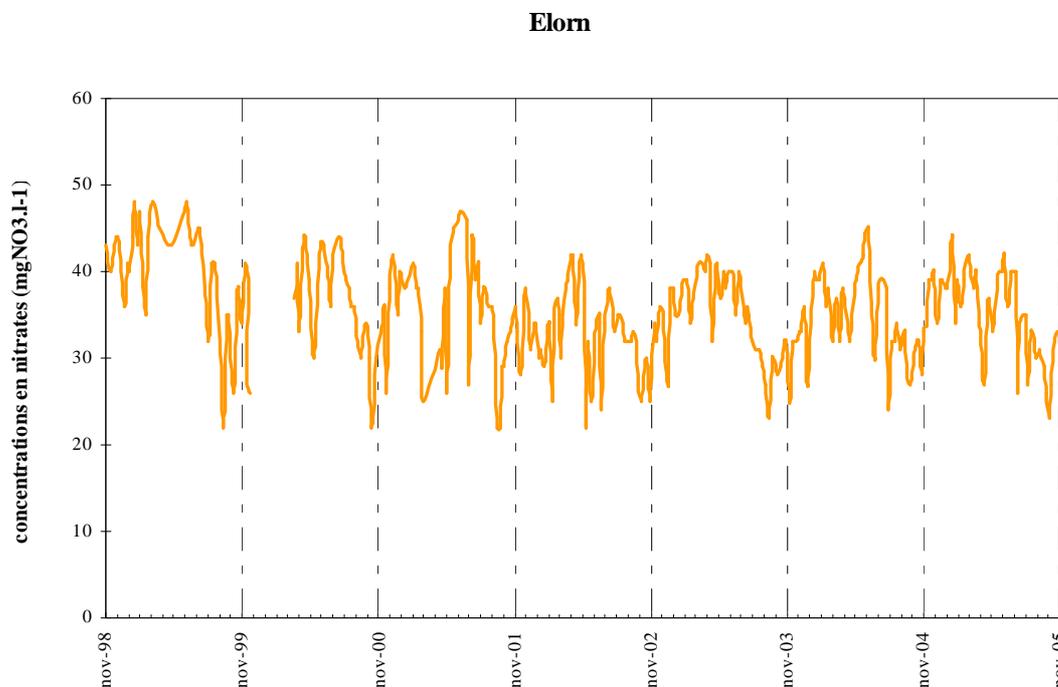


Figure 4. Réseau ECOFLUX : Variations des teneurs en nitrates pour l'Elorn

On peut observer des variations rapides, surtout en période de crues. Ainsi, sur l'Elorn la concentration en nitrates peut passer de 25 mg/l à 45 mg/l en l'espace d'une semaine. Dans ce cas, l'augmentation des teneurs correspond à une concentration des nitrates lors d'une période sécheresse. Pour d'autres rivières, une crue peut entraîner une augmentation transitoire des concentrations comme pour la Penzé.

Les diagrammes caractéristiques des fleuves suivis permettent de mettre en évidence les comportements des rivières en cas de changements de débits, débits qui eux-mêmes sont déterminés par les pluies efficaces (figure 5).

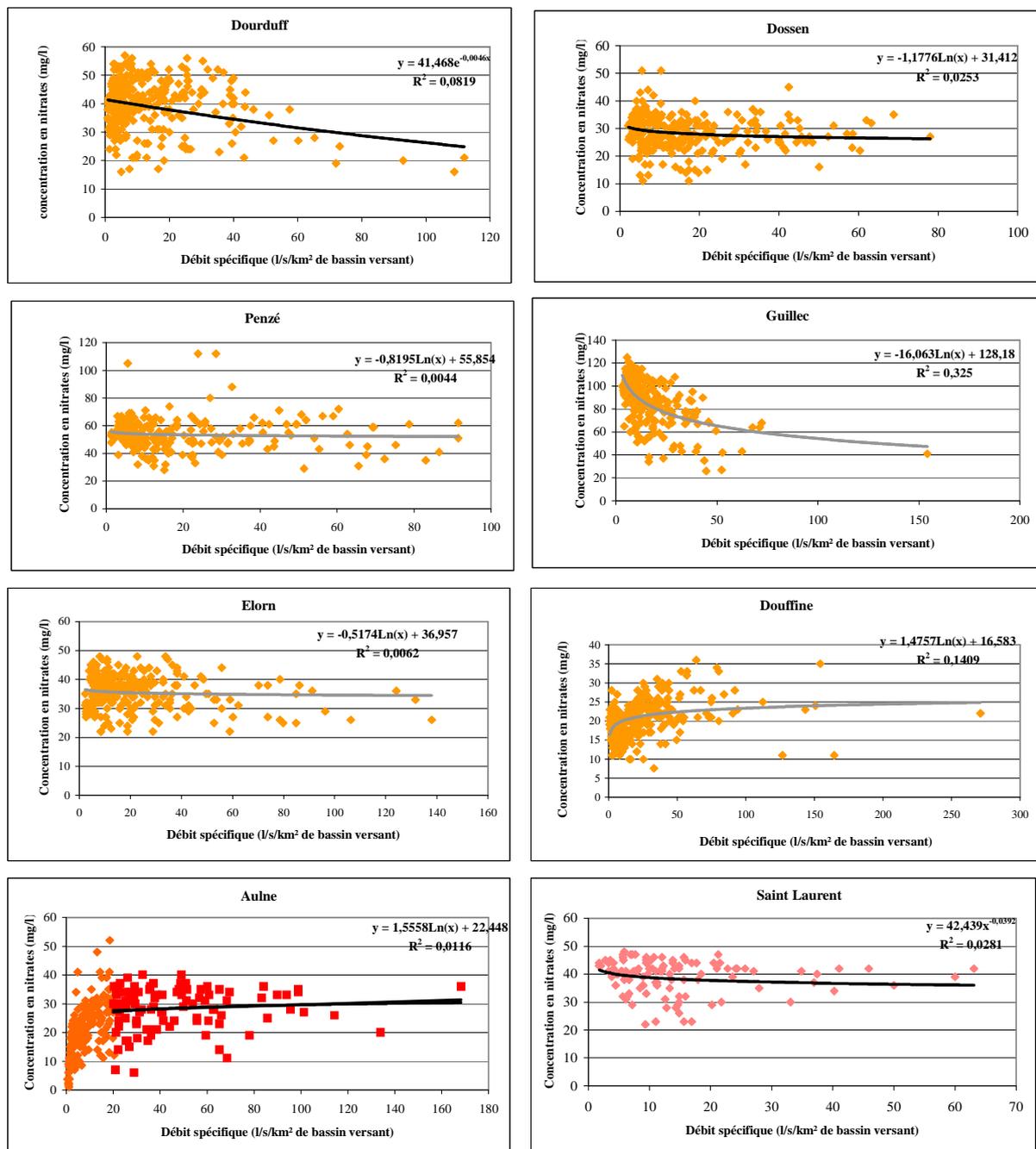


Figure 5. Réseau ECOFLUX : Diagrammes caractéristiques de concentration en nitrates en fonction des débits spécifiques : $C=f(Q_{spé})$.

D'une manière générale, la corrélation entre le débit et la concentration en nitrate n'est pas aussi évidente que celle des diagrammes $[C=f(Q_{spé})]$ des phosphates et des silicates (cf p.26 et 36). Toutefois, l'intérêt de ce type de diagramme apparaît clairement quand on prend en considération les variations à l'échelle saisonnière comme le montre le cas du Guillec (cf figure 8).

Nous observons, toutefois, que pour la Douffine et l'Aulne, les concentrations ont tendance à augmenter rapidement avec le débit dans un premier temps, puis à se stabiliser pour l'Aulne et la Douffine. Enfin, les concentrations en nitrates décroissent légèrement en fonction du débit pour le Dossen et le Saint-Laurent, mais nettement pour le Dourduff et le Guillec.

En référence à la relation théorique entre les concentrations en élément dissous et les débits, pour les rivières comme le Guillec ou le Dourduff, l'effet de dilution est prépondérant (figure 6). Par contre pour l'Aulne, la décroissance rapide des nitrates pour les faibles débits (en été) correspond à une consommation des sels nutritifs par le phytoplancton (des diatomées) et non pas à un effet de lessivage.

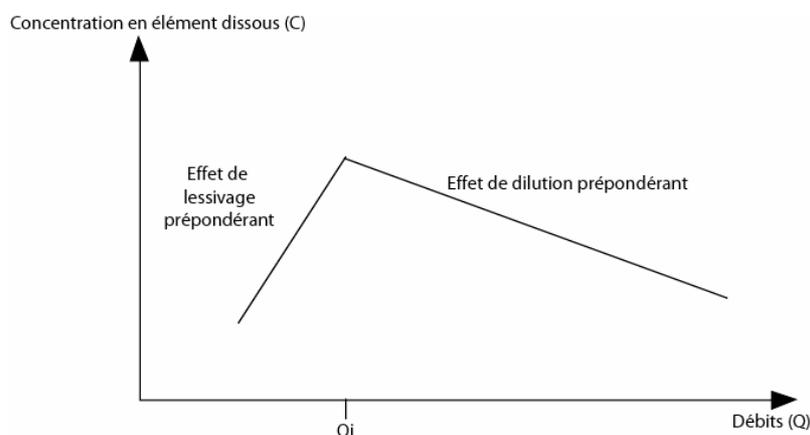


Figure 6. Relation théorique concentration/débit pour des éléments dissous

La variation du débit au cours de l'année est due aux variations des précipitations, lesquelles sont en lien avec les saisons.

b) Variabilité à l'échelle saisonnière

Selon les rivières, les variations des concentrations sont plus ou moins marquées et peuvent décrire des cycles annuels. Ce sont les mêmes facteurs qui sont à l'origine de ces variations : le drainage et le lessivage dus aux précipitations, les capacités de réserves du bassin versant ainsi que l'activité biologique (photosynthèse et régénération). Ces derniers vont conditionner les concentrations dans les cours d'eau des différents éléments suivis au fil des saisons.

Différentes formes de variations saisonnières des nitrates sont observées pour les rivières suivies par le réseau ECOFLUX (figure 7). Certaines rivières présentent de fortes teneurs en nitrates en hiver et des faibles teneurs en été, d'autres présentent des variations inverses à celle citée précédemment, d'autres encore ont des concentrations plutôt stables tout au long de l'année.

Deux grands types de cycles doivent être distingués :

- ✓ les cycles classiques, pour lesquels on observe de fortes teneurs pendant les périodes de fort drainage,
- ✓ et les cycles dits inversés pour lesquels on observe de fortes teneurs en période d'étiage.

Entre ces deux grands types, des cycles que l'on dira intermédiaires peuvent être observés. Toutefois, le cycle classique est le plus largement observé sur les différentes rivières suivies que ce soit en France, au Royaume-Uni ou aux Etats-Unis et ce, quelque soit le type d'occupation du sol ou la taille du bassin versant (C. Martin, 2003).

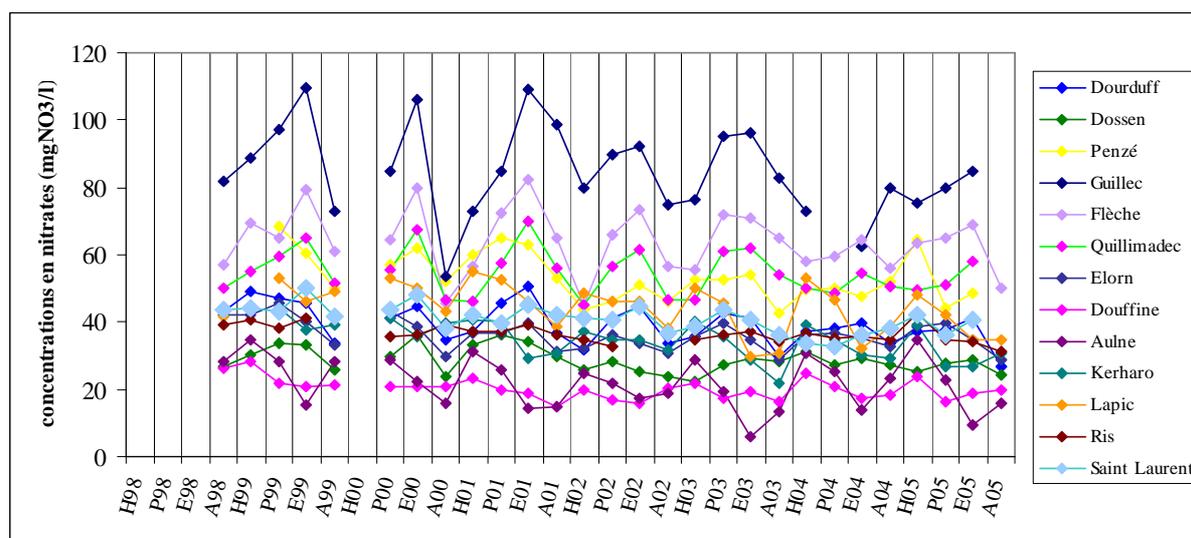


Figure 7. Réseau ECOFLUX : Concentrations moyennes saisonnières en nitrates au cours de la période d'étude

Ainsi, pour certaines rivières, on peut aisément observer le type de cycle saisonnier décrit par les variations des teneurs en nitrates. C'est le cas du Guillec ou du Quillimadec, qui tous deux, présentent un cycle « inversé » pour l'élément nitrates, ou encore de l'Aulne et du Lapic qui affichent eux un cycle dit classique. Pour d'autres rivières comme le Saint Laurent ou le Ris, les variations saisonnières ne sont pas aussi nettes et tendent à être intermédiaires (les minima ou maxima ne sont pas observés à la même saison chaque année).

Il est intéressant de constater que les cycles inversés existent pour des bassins versants qui avaient été classés à fortes réserves souterraines par le BRGM, à savoir le Douurduff, le Dossen, le Guillec, la Flèche ou encore le Quillimadec. Ainsi, on peut supposer que :

- ✓ la charge en nitrates de ces bassins versants est plus importante que pour ceux des autres rivières suivies
- ✓ ou que la nappe phréatique se tarie moins vite en été dans ce type de bassin versant et qu'elle continue à alimenter de façon importante la rivière en été (réserves plus importantes),
- ✓ ou encore que, au sein de cette même nappe, la dénitrification n'est pas suffisamment performante pour éliminer autant de nitrates que dans les autres types de bassins versants.

Afin de mieux comprendre les processus de transfert et de devenir des sels nutritifs dans les bassins versants, Il est intéressant d'étudier les diagrammes $C=f(Q_{spé})$; c'est-à-dire en fonction du débit spécifique pour une rivière donnée et selon la saison considérée. L'exemple du Guillec montre que le devenir des sels nutritifs est différent selon les saisons. (figure 8).

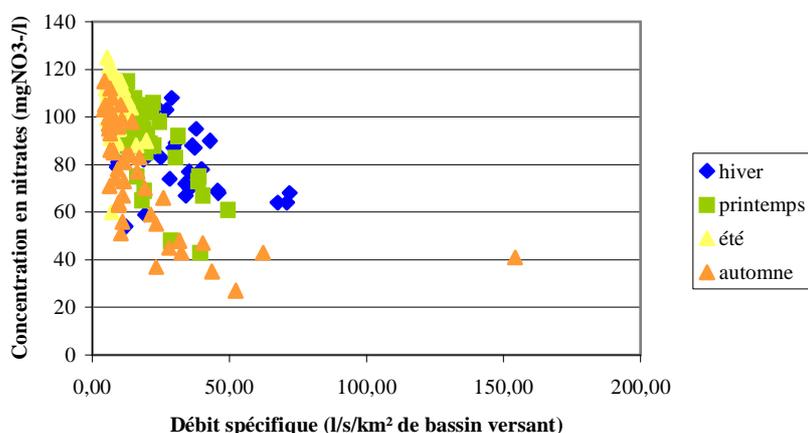


Figure 8. Réseau ECOFLUX : Diagrammes $C=f(Q_{spé})$ en fonction des saisons pour le Guillec

Ainsi, les concentrations hivernales auront tendance à être supérieures aux concentrations automnales, et ce pour un débit équivalent. Ce sont sans doute les processus biologiques intrinsèques au cours d'eau et au bassin versant qui sont à l'origine de ce phénomène (consommation, dénitrification).

III.1.2. FLUX DE NITRATES

Les débits des rivières ECOFLUX ne sont connus que pour 8 d'entre elles ; pour sept rivières, ces débits nous sont fournis par la DIREN (Dourduff, Dossen – recalculés à partir des débits du Jarlot, du Tromorgant et du Queffleuth – Penzé, Guillec, Elorn, Douffine et Aulne) ; et pour la huitième, le CEMPAMA mesure le débit instantané du Saint Laurent (au moment du prélèvement) depuis mars 2002. Pour toutes les rivières, excepté le Saint Laurent, les flux sont estimés à partir de la moyenne des flux mensuels (concentration moyenne calculé à partir des concentrations mesurées lors des prélèvements d'un mois x débit mensuel) ramenée au nombre de jours de l'année considérée (pour le Saint Laurent, le même calcul est fait à partir du débit instantané).

III.1.2.1 Flux moyens et évolution

Le tableau V et la figure 9 présentent les flux annuels et les flux spécifiques en nitrates pour les années civiles et hydrologiques des différents cours d'eau dont on dispose des mesures de débit. Calculer les flux en années hydrologiques permet de tamponner les décalages des périodes de crue d'une année sur l'autre¹.

¹ les flux sont en tonnes de $N-NO_3^-$ par an.

Tableau V Réseau ECOFLUX : Flux annuels totaux et spécifiques en nitrates (année hydrologique : d'octobre à septembre)

Flux annuels de nitrates (tN/an) années civiles							Flux annuels de nitrates (tN/an) années hydrologiques					
	1999	2001	2002	2003	2004	2005	1998-99	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05
Dourduff	332,5	405,2	186,9	150,8	209,2	141,7	390,2	543,1	172,5	175,4	188,8	157,9
Dossen	944,7	1089,0	655,7	408,2	564,1	408,7	1047,5	1377,9	589,8	474,1	525,3	459,2
Penzé	1544,8	2069,4	1430,4	1077,9	1165,9	1076,2	/	3222,4	1075,9	1480,3	1052,4	1134,3
Guillec	812,8	919,4	617,4	510,7	/	426,1	877,2	1089,9	564,2	599,9	/	466,7
Elorn	2173,3	1678,7	1504,2	984,0	1144,9	930,9	2156,7	2480,0	1192,8	1320,9	995,8	1003,6
Douffine	844,2	658,6	617,4	428,1	560,0	452,5	1232,3	994,8	476,0	596,8	485,6	431,4
Aulne	10415,9	9112,3	6683,8	4819,4	5761,9	4083,4	10004,9	12356,9	4783,2	6894,4	5103,9	4253,9
Saint Laurent	/	/	/	188,5	126,8	108,1	/	/	/	236,3	117,0	115,9

Flux spécifiques de nitrates (tN/km ² /an) années civiles						Flux spécifiques de nitrates (tN/km ² /an) années hydrologiques						
	1999	2001	2002	2003	2004	2005	1998-99	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05
Dourduff	4,4	5,4	2,5	2,0	2,8	1,9	5,2	7,2	2,3	2,3	2,5	2,1
Dossen	4,0	4,6	2,8	1,7	2,4	1,7	4,5	5,9	2,5	2,0	2,2	2,0
Penzé	7,5	10,0	6,9	5,2	5,7	5,2	/	15,6	5,2	7,2	5,1	5,5
Guillec	11,0	12,4	8,3	6,9	/	5,8	11,9	14,7	7,6	8,1	/	6,3
Elorn	7,6	5,9	5,3	3,5	4,0	3,3	7,6	8,7	4,2	4,6	3,5	3,5
Douffine	4,8	3,7	3,5	2,4	3,2	2,6	7,0	5,6	2,7	3,4	2,7	2,4
Aulne	5,8	5,1	3,7	2,7	3,2	2,3	5,6	6,9	2,7	3,8	2,8	2,4
Saint Laurent	/	/	/	4,8	3,3	2,8	/	/	/	6,1	3,0	3,0

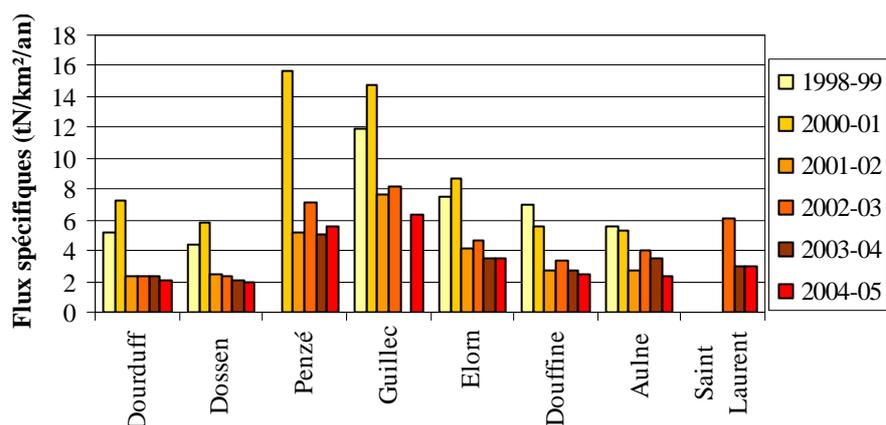


Figure 9. Réseau ECOFLUX : Comparaison des flux spécifiques estimés pour huit cours d'eau

Qualitativement, le Guillec et la Penzé présentent les plus forts flux spécifiques pour le nitrate. L'année hydrologique 2000-2001 reste celle présentant les flux spécifiques les plus importants. Malgré une hausse en 2004, les flux spécifique en année civile et en année hydrologique ont baissé depuis le début de création du réseau. Toutefois, elles ont tendance aujourd'hui à se stabiliser pour certaines rivières (Dourduff, Dossen, Elorn, Douffine et St Laurent).

III.1.2.2 Variations mensuelles des flux de nitrates

La figure 10 présente les variations mensuelles des flux de nitrates pour les huit rivières dont on dispose des mesures de débits.

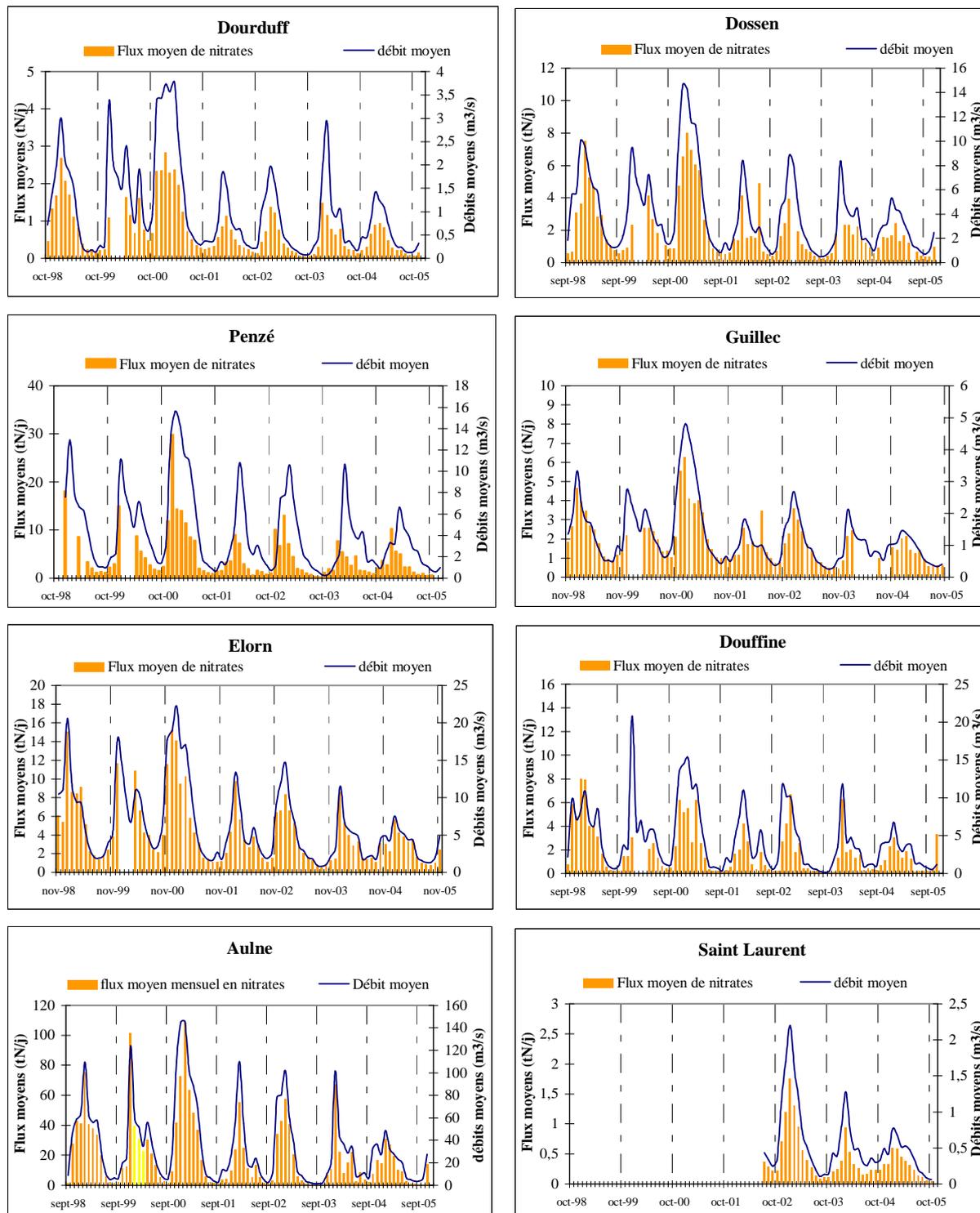


Figure 10. Réseau ECOFLUX : Flux moyens mensuels de nitrates et débits moyens mensuels au cours de la période d'étude

Pour l'ensemble des rivières, on remarque que les flux sont maximaux en période de crue, quand les débits sont eux-mêmes maximaux et ce, quelque soit, le type de cycle observé pour les variations des concentrations. On peut d'ailleurs également noter qu'en règle générale, *les flux et les débits sont relativement bien corrélés, montrant ainsi l'importance du climat dans les variations de nitrates.*

En résumé, les nitrates sont donc essentiellement véhiculés vers les cours d'eau par les écoulements souterrains, les ruissellements superficiels ayant tendance à diluer ces apports. Pour cet élément, les apports diffus d'origine agricole priment sur les apports ponctuels dus à l'urbanisme et aux industries. En terme de variations saisonnières, les deux principaux types de cycles (classique et inversé) sont représentés parmi les rivières suivies. Ces types de cycles dépendent de différents processus, l'un lié au stockage de nitrates dans le sol, l'autre aux accumulations et aux phénomènes de dénitrification des différentes strates de la nappe phréatique. Par ailleurs, les processus biologiques intrinsèques à la rivière et au bassin versant jouent sans doute un rôle important dans les phénomènes de variations saisonnières observés.

Depuis 1999, on a pu noter une tendance générale à la baisse des concentrations en nitrates. Pour les rivières à faibles réserves souterraines, les concentrations en nitrates ont eu tendance à augmenter entre 2003 et 2004 et inversement pour les rivières à fortes réserves souterraines. Toutefois, *à part le cas du St Laurent, l'année 2005 présente une stabilisation voire une diminution des concentrations et des flux de nitrates pour l'ensemble des rivières.*

III.2. LES SILICATES

Les apports dans les rivières d'acide ortho-silicique, appelé 'silicates', proviennent essentiellement de l'érosion des roches et des sols par les pluies, et plus précisément par réaction de l'acide carbonique présent dans les eaux de pluies. Une roche granitique (silicates de potassium + silicates d'aluminium) libérera plus de silicium qu'une roche schisteuse (silicates d'alumine hydratés) : ceci est lié au pH plus acide de l'eau entourant ce type de roche et favorisant l'érosion des roches. Outre cette origine lithogénique, les silicates présents dans les rivières peuvent être d'origine biologique et provenir de la dissolution des frustules de diatomées ou de phytolithes. Ainsi, contrairement aux deux autres éléments suivis par le réseau ECOFLUX, les silicates ont une origine essentiellement naturelle.

Il est intéressant de suivre les silicates pour deux raisons essentielles :

- ✓ Premièrement, la silice est un élément fondamental pour le développement de certaines espèces de phytoplancton, notamment les diatomées. La connaissance des concentrations et flux de cet élément parvenant au littoral est donc importante et pourra servir à mieux comprendre les phénomènes de développement de phytoplanctons toxiques ou encore d'efflorescences phytoplanctoniques.
- ✓ Deuxièmement, peu soumis aux effets anthropiques, transférés vers les cours d'eau de la même façon que les nitrates, ils peuvent en quelque sorte servir de traceur pour les nitrates et la comparaison des variations en nitrates et silicates (variations interannuelles ou saisonnières par exemple) peut nous renseigner sur l'impact des activités anthropiques quant aux variations de concentrations de nitrates.

Dans ce paragraphe, nous ferons donc régulièrement référence aux résultats énoncés précédemment pour les nitrates.

III.2.1. CONCENTRATIONS EN SILICATES

III.2.1.1 Concentrations moyennes annuelles et évolution

Comme les nitrates, les concentrations moyennes annuelles en silicates varient au cours des années. Elles sont présentées dans le tableau VI et la figure 11. Ainsi, leur transfert vers les cours d'eau va varier selon la nature du sol et du sous-sol (d'où les différences observées d'une rivière à l'autre), mais il va être également dépendant des épisodes pluvieux.

Tableau VI Réseau ECOFLUX : Moyennes annuelles et écart-types des concentrations en silicates

	1999		2001		2002		2003		2004		2005	
	Moyenne (mg SiO ₂ /l)	Ecart type	Moyenne (mg SiO ₂ /l)	Ecart type	Moyenne (mg SiO ₂ /l)	Ecart type	Moyenne (mg SiO ₂ /l)	Ecart type	Moyenne (mg SiO ₂ /l)	Ecart type	Moyenne (mg SiO ₂ /l)	Ecart type
Dourduff	13,4	1,7	13,2	2,2	13,2	1,6	12,9	1,5	12,7	1,6	12,7	1,0
Dossen	12,2	1,7	13,1	2,2	11,7	2,4	12,0	1,9	12,2	0,8	12,6	1,0
Penzé	12,5	0,9	12,7	1,7	11,5	1,2	11,3	1,2	11,6	1,2	11,6	1,2
Guillec	13,8	1,8	15,0	2,0	13,0	2,2	12,7	1,9	/	/	13,3	1,1
Flèche	14,1	2,5	14,7	2,9	14,2	2,6	13,6	2,4	13,4	2,1	12,8	3,2
Quillimadec	16,0	2,1	15,7	3,0	15,5	2,6	15,5	0,2	14,9	2,4	15,7	1,7
Elorn	9,2	0,9	10,0	1,3	8,4	1,0	9,2	1,2	8,9	1,0	9,1	0,8
Douffine	5,5	0,8	5,6	0,8	5,3	0,8	5,6	1,1	5,2	0,7	5,3	0,5
Aulne	6,8	3,0	5,5	3,3	6,3	2,5	4,5	3,8	7,5	1,6	5,6	3,1
Kerharo	10,1	1,1	8,9	2,0	9,2	1,7	8,4	2,2	9,5	1,3	9,3	1,2
Lapic	11,7	1,9	11,1	1,0	10,7	1,0	10,3	1,2	11,1	1,0	11,8	3,9
Ris	12,6	2,8	15,2	2,1	13,1	1,5	15,0	1,7	14,7	1,4	14,7	1,2
St Laurent	12,3	1,2	12,5	1,1	12,0	1,0	12,1	1,4	11,0	1,7	12,1	0,6

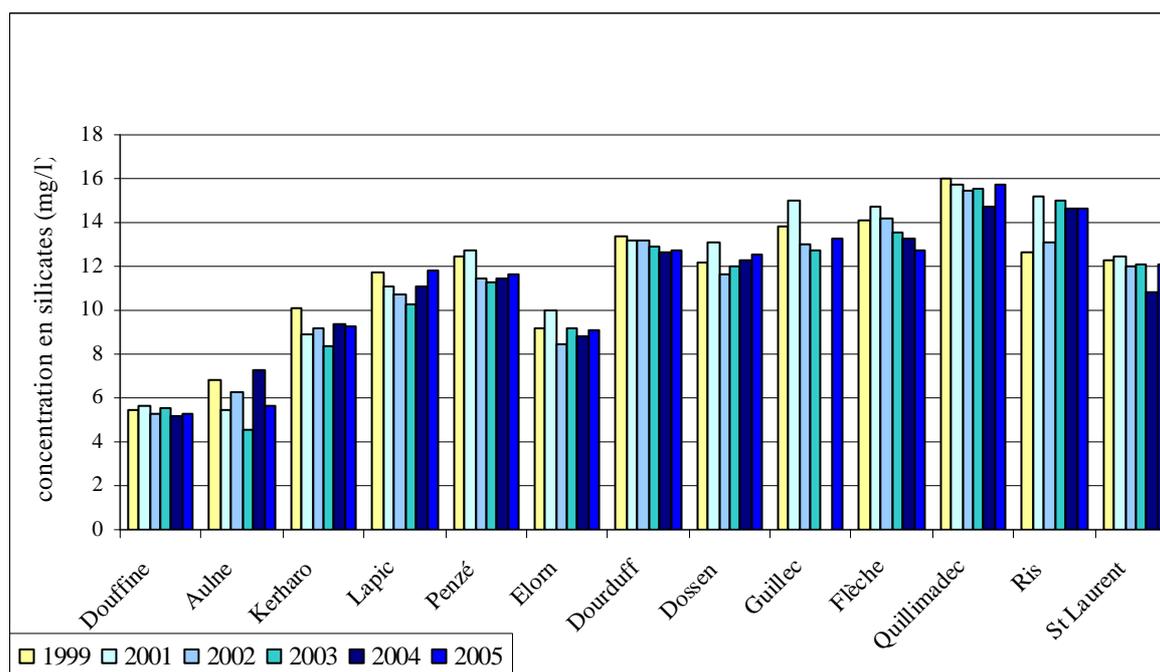


Figure 11. Réseau ECOFLUX : Moyennes annuelles des concentrations en silicates

Deux rivières en particulier se détachent du groupe de rivières suivies : l'Aulne et la Douffine qui toutes deux présentent des concentrations moyennes faibles en silice. De manière générale, on remarquera que la classification des bassins selon les réserves souterraines est relativement cohérente avec les concentrations en silice (cf. Annexe V). En effet, plus le réservoir est important, plus le temps de transfert de l'eau est long. Or, la présence de silice est liée à la dissolution de la phase solide. Plus le temps de contact est long, et plus fortes seront les concentrations en silice.

Pour la période 1999 – 2004, les tests statistiques (test ANOVA et le test des étendues multiples) sur les moyennes annuelles en silicates ne permettent pas de montrer clairement une différence aussi significative entre deux groupes homogènes (1999/2001 et 2002/2003/2004) que pour le nitrate. Les concentrations en silicates n'ont donc ni augmenté ni diminué dans l'ensemble.

Toutefois, ces tests indiquent qu'il existe une différence statistiquement significative entre les moyennes annuelles du groupe des années 1999, 2001 et celui de l'année 2004 au niveau de confiance de 95% (cf Annexe VI). Les rivières concernées sont la Penzé et le St

Laurent où une baisse des concentrations en silicates. Donc, pour ces rivières, la diminution de la concentration en nitrate en 2004 est en partie due à des variations naturelles.

Sans apport anthropique de nitrates, les teneurs en silicates et en nitrates varient de la même façon. Lorsque les concentrations en silicates sont stables, nous pouvons en déduire que la diminution des concentration en nitrates observée sur certaines rivières peut être due à une diminution des apports de nitrates par les activités humaines (donc à des améliorations de pratiques agricoles). En 2005, ce phénomène s'observe pour le Laptic, le Dourduff, le Dossen et la Flèche. Par contre, une diminution simultanée des concentrations moyennes en silicates et en nitrates ne permet pas de d'affirmer que la diminution des nitrates est à mettre en relation avec une amélioration des pratiques agricoles.

III.2.1.2 Le classement SEQ-eau

Les silicates transférés vers les rivières ne sont pas d'origine anthropique. Ils ne font donc pas l'objet d'un classement dans le cadre du Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau.

III.2.1.3 Variations hebdomadaires et saisonnières

a) – Variabilité des concentrations à l'échelle hebdomadaire

La figure 12 présente un exemple de résultats en silicates obtenus sur la période d'étude.

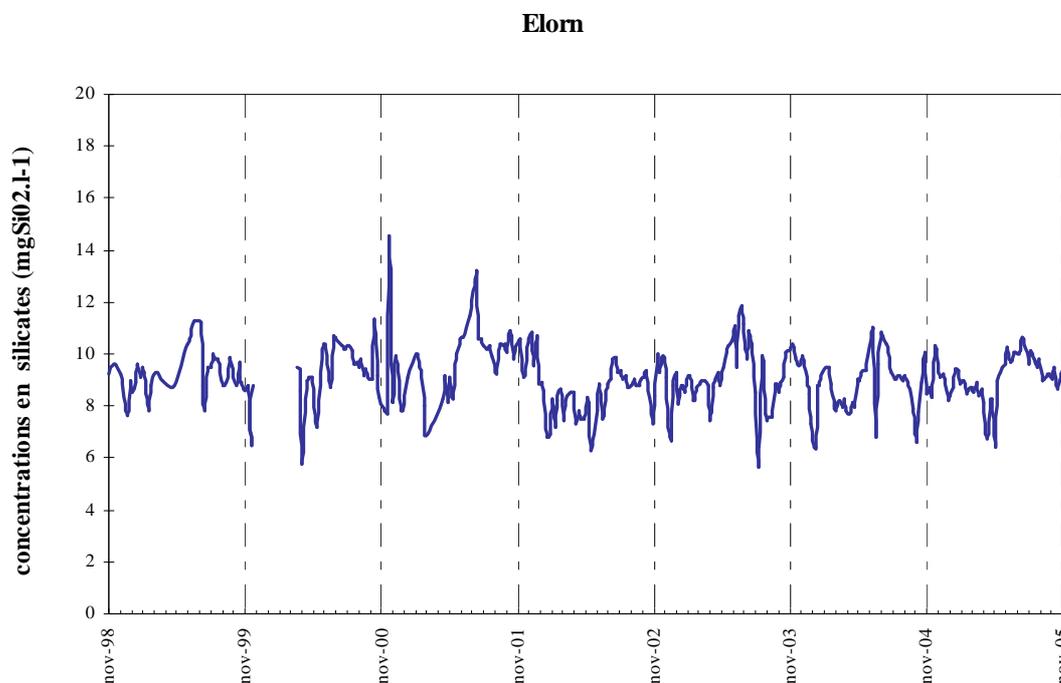


Figure 12. Réseau ECOFLUX : Variations des concentrations en silicates pour l'Elorn suivi par le réseau ECOFLUX

Comme pour les nitrates, on constate d'importantes variations des teneurs en silicates. A un pic de nitrates, correspond souvent un pic de silicates. Cela dit les variations globales ne sont pas toujours exactement les mêmes que celles des nitrates.

Le diagramme $C=f(Q_{spé})$ pour les silicates révèle que les concentrations en silicates ne sont pas sensibles aux effets de dilution avec un débit supérieur à $20 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$; à part pour le Dourduff et la Douffine (figure 13).

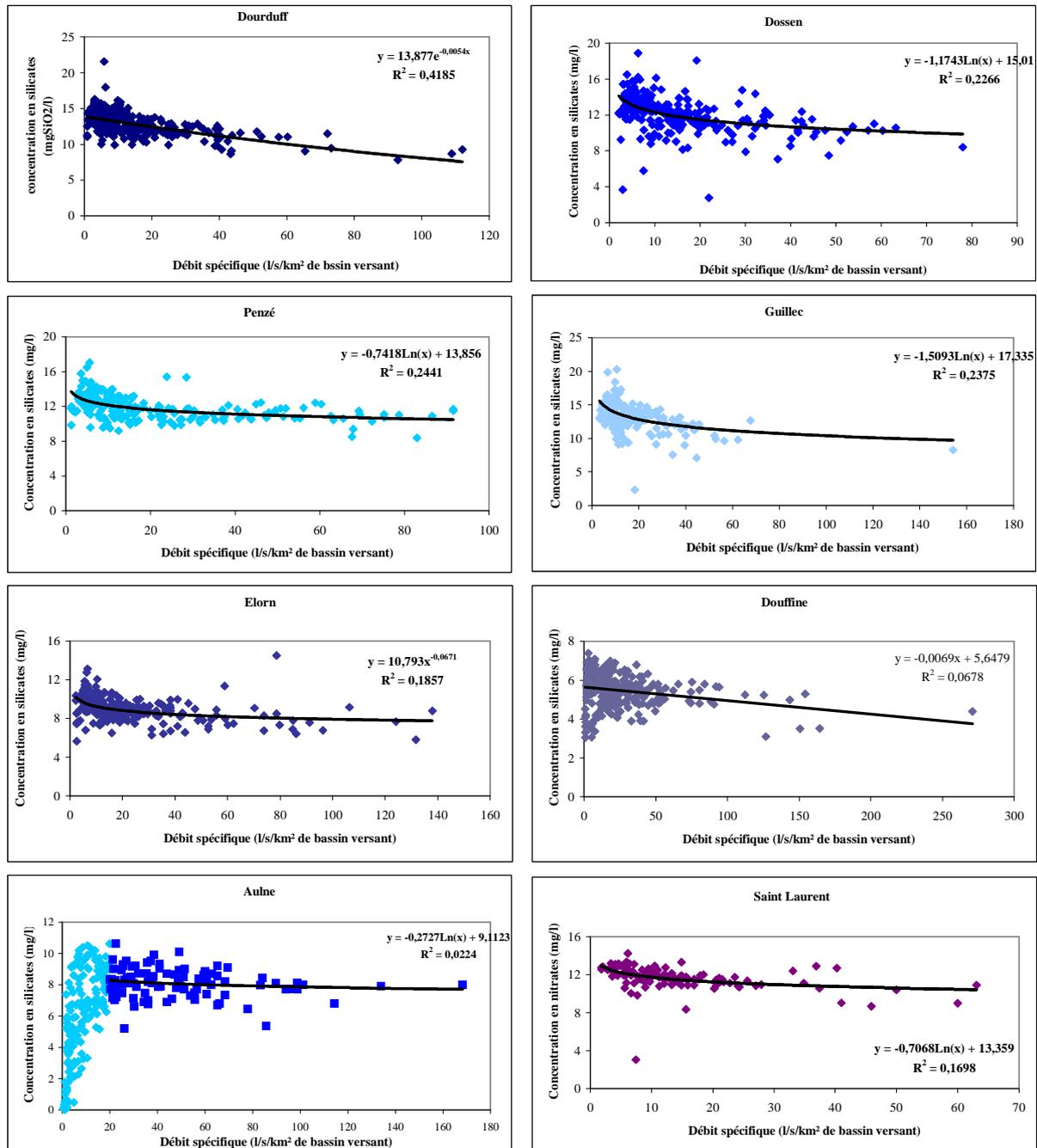


Figure 13. Réseau ECOFLUX : Diagrammes caractéristiques $C=f(Q_{spé})$ pour les concentrations en silicates

On remarquera le cas particulier de l'Aulne. Aux faibles débits fluviaux, la teneur en silicates de la rivière peut en effet avoisiner 0 mg/l . Plutôt qu'une absence d'apport de silicates, ceci résulte de la consommation d'acide silicique par les diatomées, intense en été dans ce fleuve canalisé.

b) – Variabilité à l'échelle saisonnière

La figure 14 présente les concentrations moyennes saisonnières de l'ensemble des cours d'eau suivis.

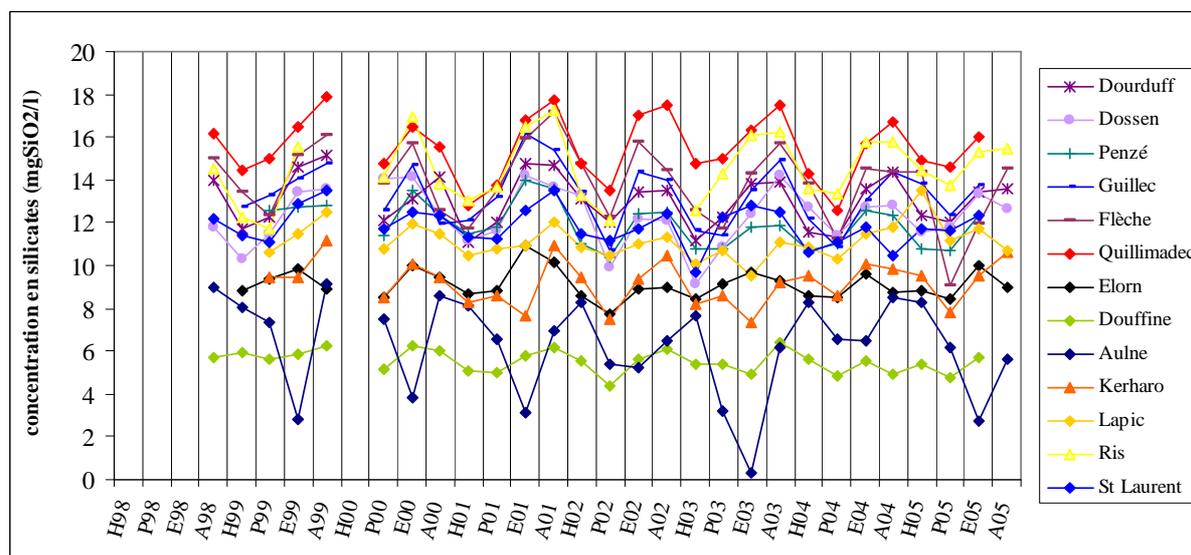


Figure 14. Réseau ECOFLUX : Concentrations moyennes saisonnières en silicates au cours de la période d'étude

Comme pour les nitrates, différents types de comportement peuvent être observés quant aux variations des silicates. Pour certaines rivières (Aulne, Kerharo, Lapic), les concentrations en silicates sont minimales au printemps ou en été. Pour d'autres rivières (Quillimadec, Ris, Flèche, Dossen, Guillec, Dourduff, Saint Laurent, Penzé, Elorn), les concentrations maximales sont observées en automne ou en été selon les rivières ou l'année considérée. La Douffine semble avoir un comportement plus complexe.

Les concentrations en silicates dans l'eau sont fonction du temps de résidence de l'eau dans la nappe phréatique. Si la concentration augmente avec le temps de résidence et si on considère que, comme on l'avait fait pour les nitrates, c'est la partie profonde (donc plus ancienne) de la nappe qui alimente la rivière en été (toit de la nappe tarie) alors, on devrait observer pour l'ensemble des rivières des concentrations en silicates maximales en été et minimales en hiver.

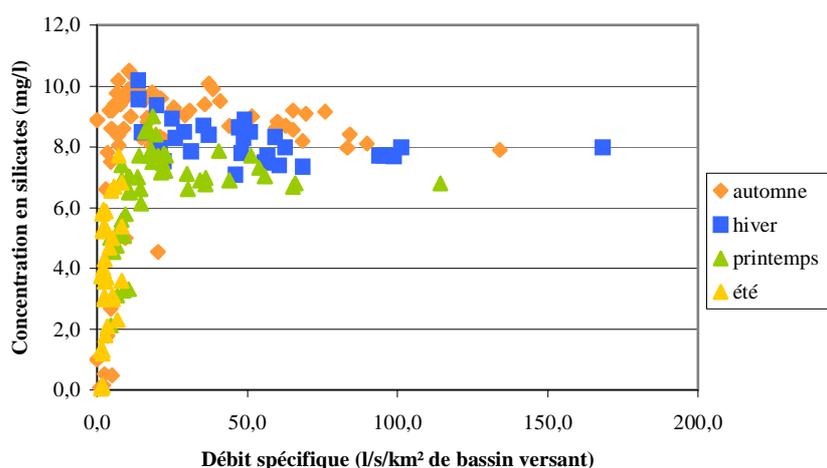


Figure 15. Réseau ECOFLUX : Diagramme caractéristique $C=f(Q_{spé})$ des silicates dans l'Aulne en fonction des saisons

La figure 15 montre en hiver, les silicates sont entraînés dans l'Aulne avec les pluies. Au printemps, l'apparition des diatomées engendre une consommation des silicates qui s'accroît en été où les débits sont les plus faibles. L'automne est une période intermédiaire avec le retour des pluies ; avant de retrouver le processus hivernal.

III.2.2. FLUX DE SILICATES

III.2.2.1 Flux moyens annuels et évolution

Le tableau VII et la figure 16 présentent les flux annuels et spécifiques en silicates pour les années civiles et hydrologiques des différents cours d'eau dont on dispose des mesures de débit.

	Flux annuel de silicates (tSi/an) années civiles						Flux annuel de silicates (tSi/an) années hydrologiques					
	1999	2001	2002	2003	2004	2005	1998-99	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05
Dourduff	187	251	139	114	139	107	213	354	126	132	130	118
Dossen	722	771	576	350	507	385	777	956	516	434	461	430,6
Penzé	687	847	720	478	532	411	/	1304	567	655	496	452,0
Guillec	269	296	192	153	/	150,6	275	385	158	195	/	167,0
Elorn	1060	882	794	506	574	472	960	1373	626	691	507	503,3
Douffine	351	333	337	259	261	216	456	474	281	341	232	224,3
Aulne	5514	4922	4371	2888	4542	2379	5740	6961	3204	4149	4196	2428,9
Saint Lauren	/	/	/	103	85	65	/	/	/	136	81	71,0

	Flux spécifiques de silicates (tSi/km²/an) années civiles						Flux spécifiques de silicates (tSi/km²/an) années hydrologiques					
	1999	2001	2002	2003	2004	2005	1998-99	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05
Dourduff	2,5	3,3	1,8	1,5	1,9	1,4	2,8	4,7	1,7	1,8	1,7	1,6
Dossen	3,1	3,3	2,5	1,5	2,2	1,6	3,3	4,1	2,2	1,8	2,0	1,8
Penzé	3,3	4,1	3,5	2,3	2,6	2,0	/	6,3	2,8	3,2	2,4	2,2
Guillec	3,6	4,0	2,6	2,1	/	2,0	3,7	5,2	2,1	2,6	/	2,3
Elorn	3,7	3,1	2,8	1,8	2,0	1,7	3,4	4,8	2,2	2,4	1,8	1,8
Douffine	2,0	1,9	1,9	1,5	1,5	1,2	2,6	2,7	1,6	1,9	1,3	1,3
Aulne	3,1	2,7	2,4	1,6	2,5	1,3	3,2	3,9	1,8	2,3	2,3	1,4
Saint Lauren	/	/	/	2,6	2,2	1,7	/	/	/	3,5	2,1	1,8

Tableau VII Réseau ECOFLUX : Flux annuels et totaux en silice (année hydrologique : de d'octobre à septembre)

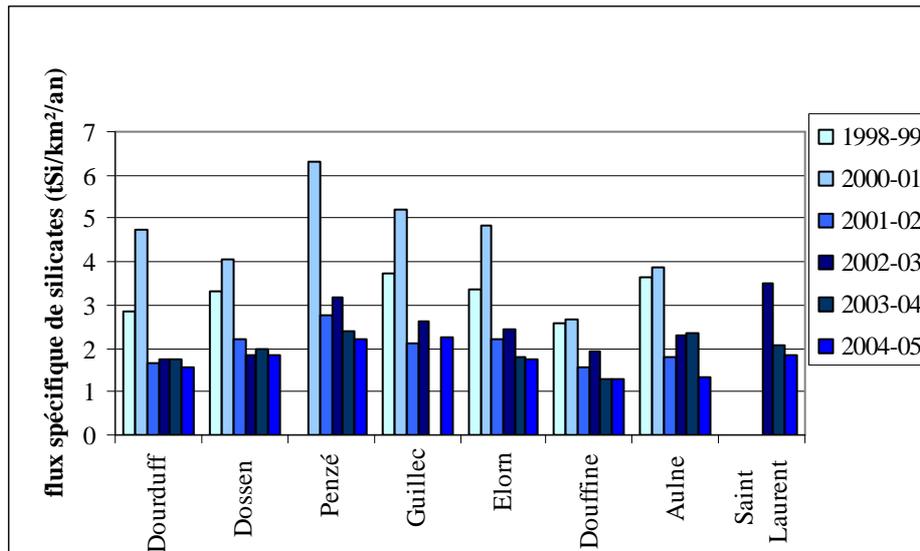


Figure 16. Réseau ECOFLUX : Comparaison des flux spécifiques estimés pour huit cours d'eau

En 2005, les flux en année civile et en année hydrologique ont diminué pour l'ensemble des rivières. Ceci peut être mis en parallèle avec l'évolution des flux de nitrates. De la même façon, on remarque aussi que les flux de certaines rivières ont tendance à se stabiliser (Dourduff, Dossen, Elorn et Douffine) comme pour le nitrate. Donc nous pouvons dire que la stabilisation voire la diminution des flux de nitrates observée pour 2005 est, au moins en partie, d'origine naturelle.

III.2.2.2 Variations des flux

La figure 17 expose les variations de flux moyens mensuels pour l'ensemble des cours d'eau dont on dispose des mesures de débits.

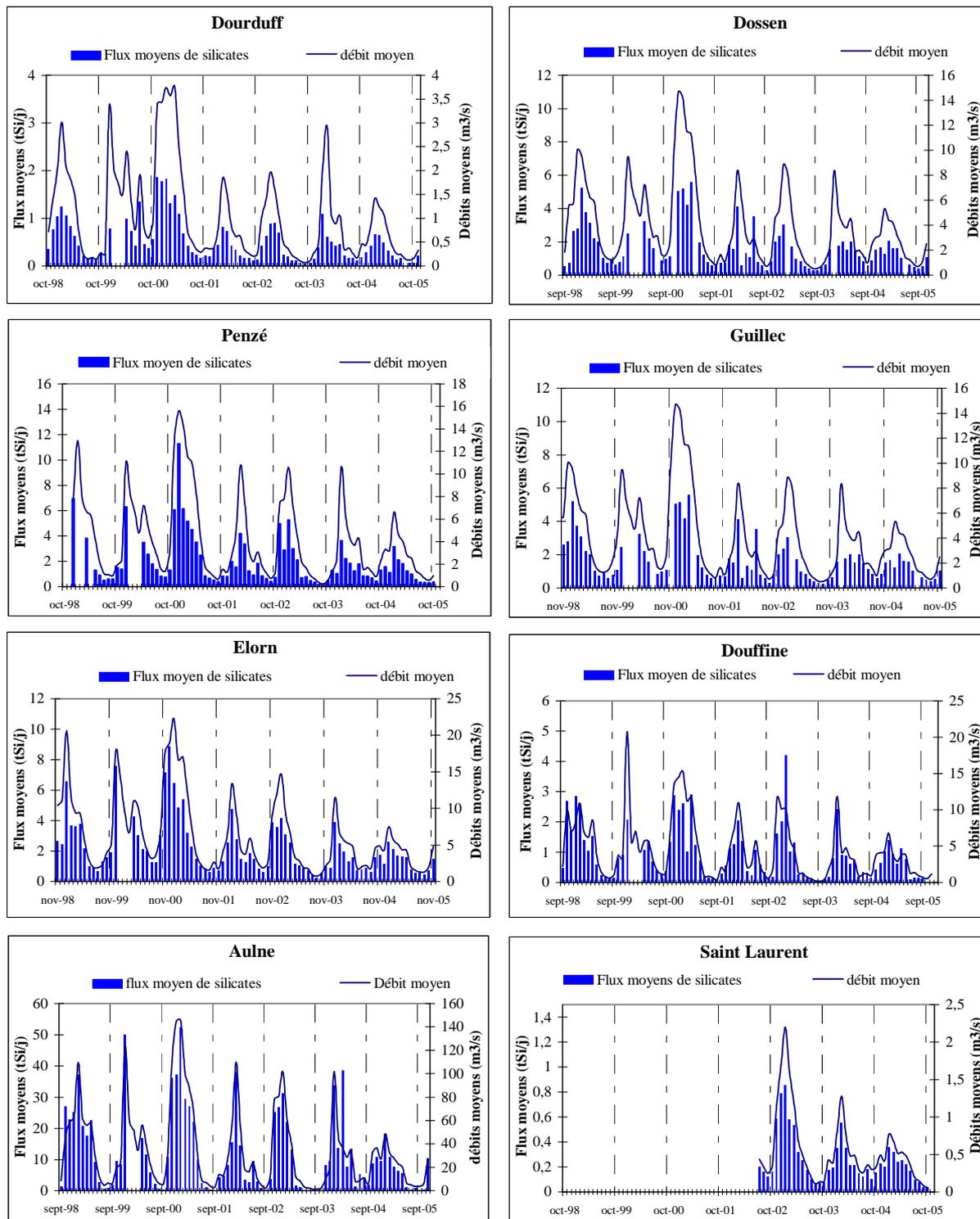


Figure 17. Réseau ECOFLUX : Flux moyens mensuels de silicates et débits moyens mensuels au cours de la période d'étude

Comme nous avons pu le noter dans le cas des nitrates, les flux moyens mensuels de silicates sont maximaux en période de crue et minimaux en période d'été. Les variations de flux de silicates sont, comme dans le cas des nitrates, fortement corrélées aux variations de débits.

On a donc pu noter de nombreuses similitudes entre les variations des concentrations ou des flux des nitrates et des silicates. En effet, pour la plupart des rivières suivies, le type de cycle observé pour les concentrations de nitrates est également observé pour les silicates.

Enfin, les tests statistiques mettent en évidence pour quelques rivières une certaine homogénéité dans les concentrations annuelles. Pour les autres rivières, on a pu noter que les tendances générales, à la hausse ou à la baisse, d'une année sur l'autre étaient comparables à celles des nitrates.

III.3. LES PHOSPHATES

Les orthophosphates ou phosphore inorganique dissous sont plus communément appelés les ‘phosphates’. Ils sont directement assimilables par les végétaux. Néanmoins, le phosphore est caractérisé par une grande complexité comportementale car les phosphates réagissent avec certains constituants minéraux comme le fer, l’aluminium ou encore le Calcium et forment du phosphore inorganique particulaire non biodisponible. Les différentes formes de phosphore présentes dans un milieu sont liées aux conditions du biotope (pH, température, potentiel redox).

Ainsi, contrairement aux nitrates ou aux silicates, les phosphates ne se trouvent pas principalement à l’état libre dans le sol, mais sous forme de composés et ils peuvent être adsorbés à des particules. Dès lors, les mécanismes de transfert des phosphates vers les rivières, ou les milieux aquatiques en général, ne sont pas les mêmes que pour les deux autres éléments suivis par le réseau ECOFLUX. Ainsi, on sait que les phosphates ne sont pas transférés vers la rivière par l’intermédiaire des écoulements souterrains, mais essentiellement par les ruissellements dans le cas de pollutions diffuses (la notion de réserve souterraine n’intervient donc pas pour cet élément).

En terme de pollution, le phosphore provenant des rejets domestiques, industriels et piscicoles est directement rejetée dans le milieu, tandis que le phosphore d’origine agricole aura tendance à s’adsorber dans le sol ou sur des particules avant de rejoindre le milieu aquatique.

III.3.1. CONCENTRATIONS EN PHOSPHATES

III.3.1.1 Concentrations moyennes annuelles et évolution

Le tableau VIII et la figure 18 présentent les moyennes annuelles en phosphates.

Tableau VIII Réseau ECOFLUX : Moyennes annuelles et écart-types des concentrations en phosphates

	1999		2001		2002		2003		2004		2005	
	Moyenne (mgPO4/l)	Ecart type										
Dourduff	0,258	0,159	0,275	0,129	0,291	0,157	0,315	0,153	0,183	0,084	0,223	0,100
Dossen	0,344	0,205	0,373	0,232	0,264	0,228	0,539	0,404	0,406	0,192	0,512	0,276
Penzé	0,496	0,233	0,562	0,358	0,537	0,321	0,577	0,293	0,368	0,148	0,445	0,210
Guillec	0,370	0,142	0,363	0,250	0,364	0,204	0,573	0,208	/	/	0,333	0,100
Flèche	0,253	0,124	0,270	0,107	0,334	0,163	0,278	0,089	0,326	0,209	0,319	0,174
Quillimadec	0,440	0,184	0,423	0,183	0,430	0,158	0,434	0,183	0,416	0,188	0,457	0,160
Elorn	0,239	0,226	0,252	0,177	0,196	0,135	0,217	0,137	0,173	0,095	0,231	0,125
Douffine	0,350	0,294	0,472	0,353	0,277	0,252	0,634	0,403	0,259	0,213	0,304	0,254
Aulne	0,057	0,035	0,061	0,036	0,072	0,033	0,057	0,034	0,073	0,077	0,040	0,020
Kerharo	0,132	0,077	0,117	0,078	0,135	0,079	0,149	0,100	0,136	0,121	0,134	0,093
Lapic	0,466	0,389	0,334	0,285	0,237	0,140	0,512	0,508	0,297	0,243	0,369	0,252
Ris	0,097	0,072	0,093	0,029	0,117	0,044	0,138	0,055	0,133	0,047	0,212	0,298
St Laurent	0,039	0,019	0,034	0,031	0,039	0,026	0,039	0,024	0,034	0,032	0,041	0,021

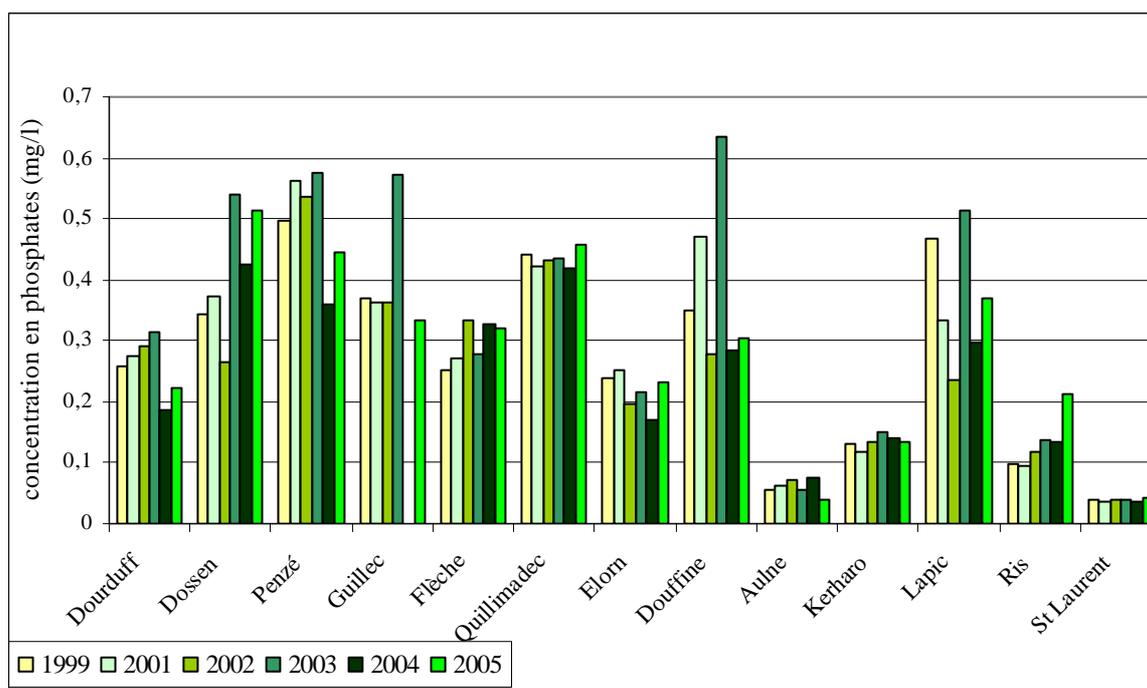


Figure 18. Réseau ECOFLUX : Moyennes annuelles des concentrations en phosphates

Comme pour les nitrates ou les silicates, on peut constater une variabilité des concentrations en phosphates d'une rivière à l'autre. Cependant, tandis que nitrates et silicates semblaient décrire des variations interannuelles similaires ou comparables, la variation des phosphates semble différente, due à sa capacité à s'adsorber sur les matières en suspension et à former des composés.

L'année 2003 reste celle où l'on a enregistré les plus fortes concentrations ; sauf pour le Ris. Alors que les concentrations en phosphates avaient diminué en 2004, nous observons pour 2005, une augmentation importante dans de nombreuses rivières. Seuls, le St Laurent, l'Aulne et le Kerharo présentent une moyenne annuelle des phosphates plus faible en 2005. La sécheresse exceptionnelle en 2003 a concentré les rejets polluants dans les rivières causant ces pics. A l'inverse, en 2004, la pluviométrie a permis une meilleure dilution des phosphates.

Les tests statistiques sur la période 1999 - 2004, à un niveau de confiance de 95%, confirment cette tendance pour la rivière de la Douffine et du Guillec. En effet, l'année 2003 correspond un groupe homogène statistiquement différent des autres années avec une moyenne annuelle supérieure aux autres.

De plus, ces tests montrent une différence significative entre les moyennes annuelles des années 1999 et 2004 qui correspondent à deux groupes homogènes statistiquement différents, à un niveau de confiance de 95%, pour certaines rivières. Ainsi, dans la Flèche et le Ris, les concentrations en phosphates ont augmenté significativement en 2004 par rapport à 1999. A l'inverse, dans le Dourduff, elles ont diminué significativement en 2004 par rapport à 1999 (cf. Annexe VI).

Si comme dans le cas des nitrates, on retrouve des concentrations importantes dans le Finistère nord, on notera également des valeurs relativement importantes pour la Douffine et le Laptic. Par ailleurs, la variabilité des phosphates est vraisemblablement plus importante que celles des silicates et des nitrates. En effet, les concentrations peuvent doubler en l'espace d'une année dans le cas de la Douffine. Elles restent très liées aux variations pluviométriques.

III.3.1.2 Le classement SEQ-eau

La figure 19 présente les classements SEQ-eau des rivières suivies.

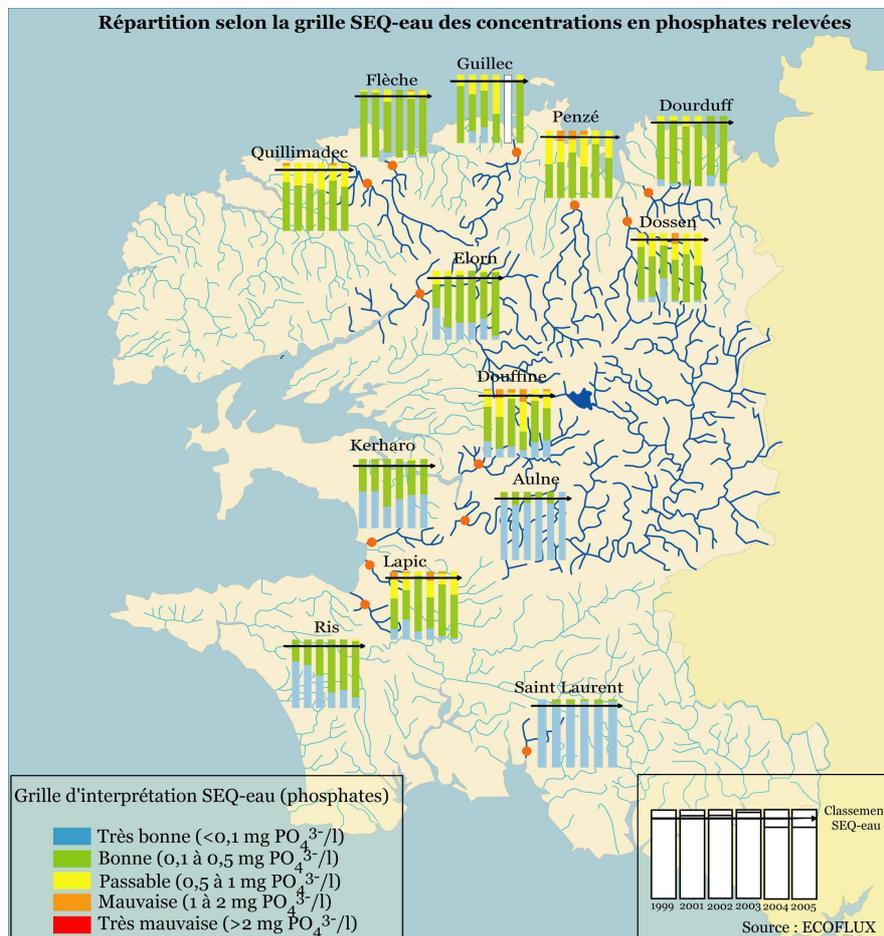


Figure 19. Réseau ECOFLUX : Classement SEQ-eau pour le paramètre phosphates des rivières suivies

Il permet de mettre en évidence des résultats globalement meilleurs que pour les nitrates.

En effet, la proportion de prélèvements classés en eau de bonne à très bonne qualité est nettement supérieure dans le cas des phosphates que dans celui des nitrates ; surtout dans le Finistère Sud. En 2005, le classement de la qualité de l'eau sur ce paramètre s'est dégradé pour de nombreuses rivières, par rapport à 2004. Quelques rivières comme le Guillec, le Quillimadec, la Flèche, le Dossen, la Penzé, la Douffine et le Lopic sont classées en eau de qualité passable pour le paramètre phosphate. Par contre, l'Aulne, et le Saint Laurent ont obtenu un meilleur classement en 2005 pour ce paramètre ; ce que montrait déjà le graphique des moyennes annuelles en phosphates (figure 18).

III.3.1.3 Variations hebdomadaires et saisonnières

a) – Variabilité à l'échelle hebdomadaire

La figure 20 présente un exemple de résultats en phosphates des prélèvements effectués depuis le début du suivi.

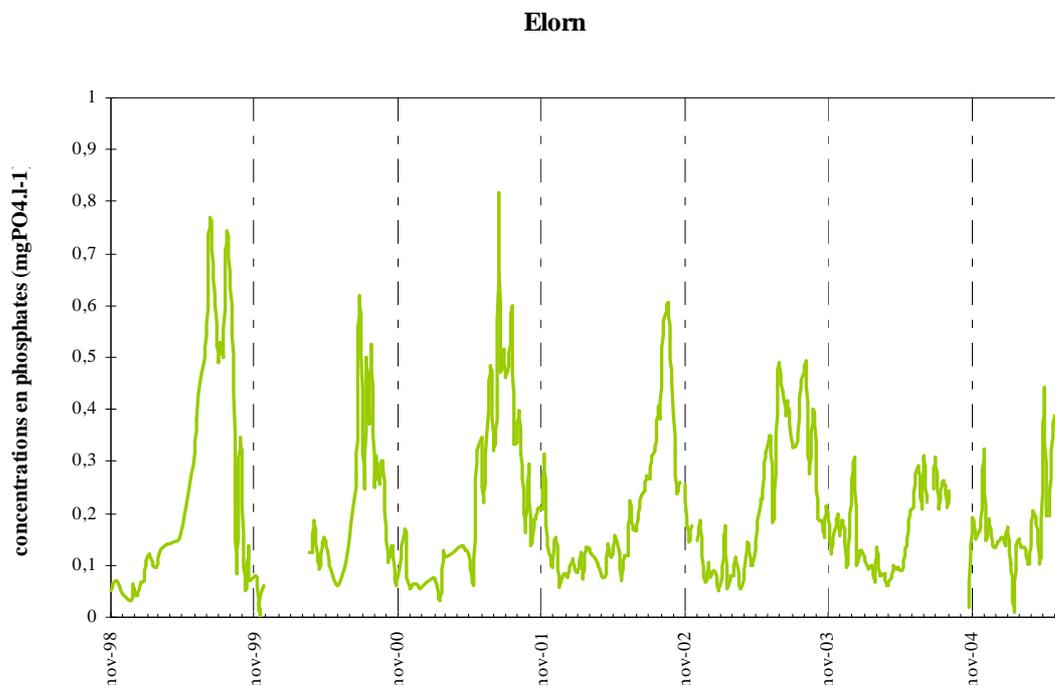


Figure 20. Réseau ECOFLUX : Variations des teneurs en phosphates pour les cours d'eau suivis

Comme pour les deux autres éléments suivis par le réseau, les concentrations varient donc rapidement d'une semaine à l'autre.

On remarque pour plusieurs rivières des pics importants de phosphates en été comme ici avec l'Elorn.

L'analyse des diagrammes caractéristiques $C=f(Q_{spé})$ des phosphates révèle une large tendance à la dilution des phosphates avec la croissance du débit, sauf pour ce qui est de l'Aulne et du Saint Laurent où il semble moins aisé de déterminer une tendance (figure 21).

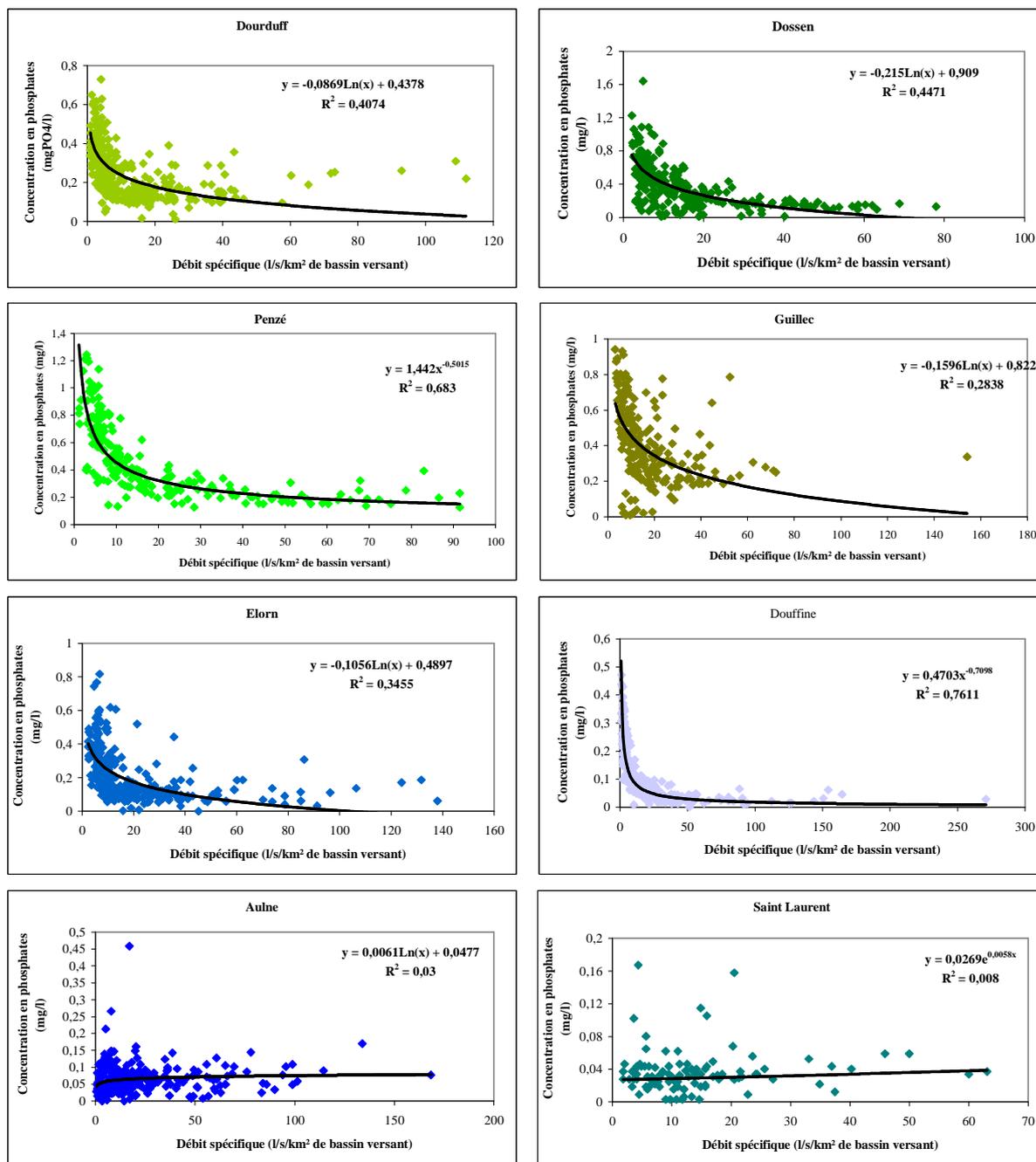


Figure 21. Réseau ECOFLUX : Diagrammes caractéristiques $C=f(Q_{spé})$ pour les concentrations en phosphates

Dans la majorité des cas, les concentrations en phosphates diminuent avec le débit. Ces variations sont à mettre en relation avec les phénomènes d'adsorption/désorption des phosphates sur les matières en suspension transportées par les eaux fluviales. De façon générale, la réactivité des orthophosphates vis-à-vis des MES entraînent, en hiver, la diminution de leurs teneurs en fonction du débit, moins par dilution que par adsorption.

b) – Variabilité à l'échelle saisonnière

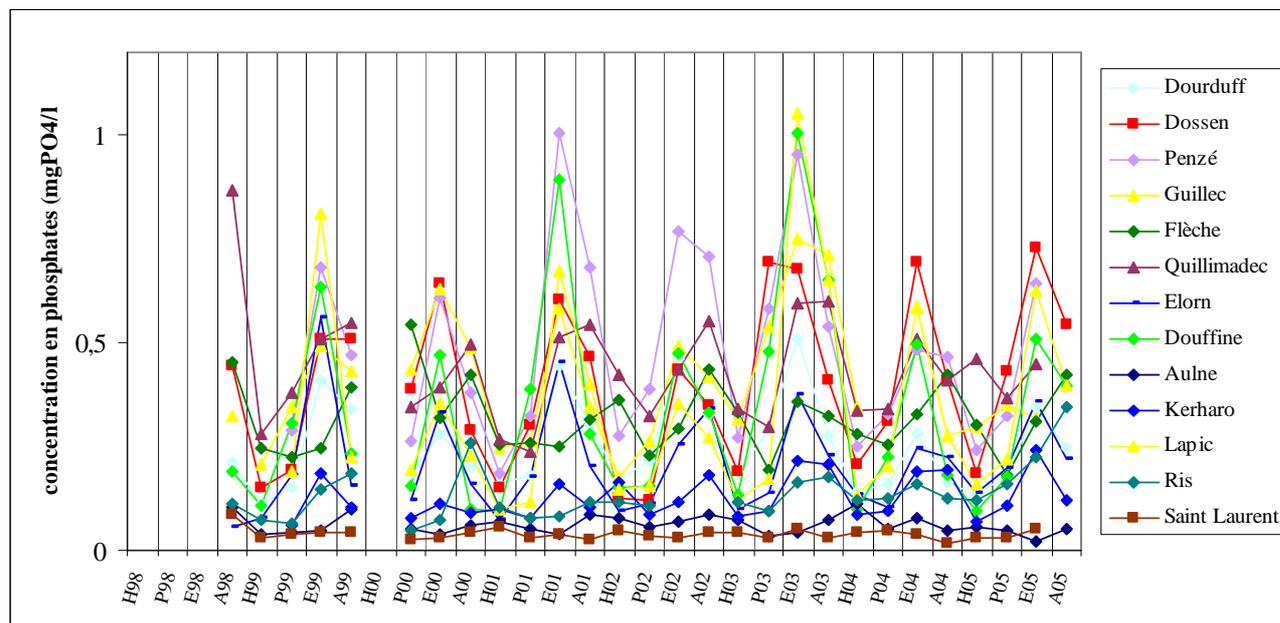


Figure 22. Réseau ECOFLUX : Concentrations moyennes saisonnières en phosphates au cours de la période d'étude

On peut noter l'existence de cycles annuels des concentrations en phosphates pour certaines rivières (figure 22). Alors que pour les nitrates on observait une augmentation ou une diminution progressive des concentrations au cours de l'année, ici on peut véritablement parler de « pic » des concentrations en été. Dans le cas du Laptic et de la Penzé, l'amplitude de ces pics est très variable d'une année sur l'autre et les concentrations hivernales peuvent être multipliées par 10 en été.

Pour d'autres rivières, on n'observe pas de cycle à proprement parler (Aulne, Saint Laurent, Ris). On constatera que dans ces rivières les concentrations moyennes sont également plus basses : les rivières concernées sont classées en eau de très bonne qualité pour ce paramètre sur l'ensemble de la période d'étude.

Selon C. CANN et *al* (1999), les concentrations en phosphore des rivières varient très rapidement et avec une grande amplitude en cas de crue. D'après O. FRANCOIS (1994), l'effet des saisons sur le transfert de phosphore est essentiellement lié à la pluviosité, les autres effets seraient marginaux.

Les variations d'orthophosphates observées sur la figure 22 suggèrent la prise en compte de différents facteurs dans la variabilité saisonnière et interannuelle des orthophosphates (tableau IX).

Tableau IX Evolution des concentrations en phosphore dissous et facteurs associés

Saisons	Concentrations	Facteurs dus aux conditions climatiques			Facteurs biologiques	Facteurs physicochimiques
		Températures	pH - potentiel redox	Débites - Précipitations		
Printemps	(+) ↗	(+) ↗	↘	(-) ↘	consommation - minéralisation	
Eté	(++) ↗	(++) ↗	↘	(-) ↘	consommation - minéralisation	mise en suspension
Automne	(-) ↘	(-) ↘	↗	(+) ↗	minéralisation	adsorption, précipitation
Hiver	(-) →	(-) ↘	↗	(++) ↗		lessivage - adsorption, précipitation

En outre, en été les pluies sont minimales et donc, le lessivage et le transfert de phosphore vers le cours d'eau se fait de façon diffuse. Il faut noter également que, pendant cette période les rejets directs de stations d'épuration et de piscicultures sont maintenus voire en légère hausse pour ce qui est des stations d'épuration en cas de tourisme important. L'Aulne reste un cas particulier puisque celle-ci est canalisée et fonctionne comme une série de petits étangs (alternant cycles d'eutrophisation et de décantation).

III.3.2. FLUX DE PHOSPHATES

III.3.2.1 Flux moyens annuels et évolution

Le tableau X et la figure 23 exposent les flux annuels et les flux spécifiques en phosphore dissous pour les années civiles et hydrologiques des différents cours d'eau dont on dispose des mesures de débit.

Tableau X Réseau ECOFLUX : Flux annuels et totaux en phosphore dissous (année hydrologique : d'octobre à septembre)

	Flux annuel de phosphates (tP/an) année civile						Flux annuel de phosphates (tP/an) année hydrologique					
	1999	2001	2002	2003	2004	2005	1998-99	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05
Dourduff	1,7	2,9	1,7	1,2	1,5	0,9	1,8	4,1	1,6	1,4	1,5	0,9
Dossen	3,3	3,6	4,4	8,1	10,0	8,9	3,5	4,2	2,8	9,1	8,5	9,2
Penzé	11,1	13,3	14,4	10,9	11,0	7,8	/	18,1	12,6	13,4	10,6	9,0
Guillec	4,6	4,6	2,9	4,0	/	2,6	3,9	6,8	2,3	4,4	/	2,7
Elorn	10,1	9,0	10,3	5,6	8,8	7,3	9,7	13,3	7,1	8,8	6,8	8,8
Douffine	7,3	8,0	6,7	5,8	4,8	3,8	9,2	8,1	6,2	6,7	4,7	3,9
Aulne	28,3	32,9	31,5	21,4	18,6	11,8	31,2	38,1	26,3	26,4	20,3	10,6
Saint Laurent	/	/	/	0,2	0,3	0,1	/	/	/	0,3	0,3	0,1

	Flux spécifique de phosphates (tP/an) année civile						Flux spécifique de phosphates (tP/an) année hydrologique					
	1999	2001	2002	2003	2004	2005	1998-99	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05
Dourduff	0,023	0,038	0,022	0,016	0,019	0,012	0,024	0,055	0,021	0,019	0,019	0,012
Dossen	0,014	0,015	0,019	0,035	0,043	0,038	0,015	0,018	0,012	0,039	0,036	0,039
Penzé	0,054	0,065	0,070	0,053	0,054	0,038	/	0,088	0,061	0,065	0,052	0,043
Guillec	0,062	0,062	0,040	0,054	/	0,035	0,052	0,092	0,031	0,059	/	0,036
Elorn	0,036	0,032	0,036	0,020	0,031	0,026	0,034	0,047	0,025	0,031	0,024	0,031
Douffine	0,041	0,045	0,038	0,033	0,027	0,021	0,052	0,046	0,035	0,038	0,027	0,022
Aulne	0,016	0,018	0,018	0,012	0,010	0,007	0,017	0,021	0,015	0,015	0,011	0,006
Saint Laurent	/	/	/	0,005	0,007	0,004	/	/	/	0,009	0,007	0,003

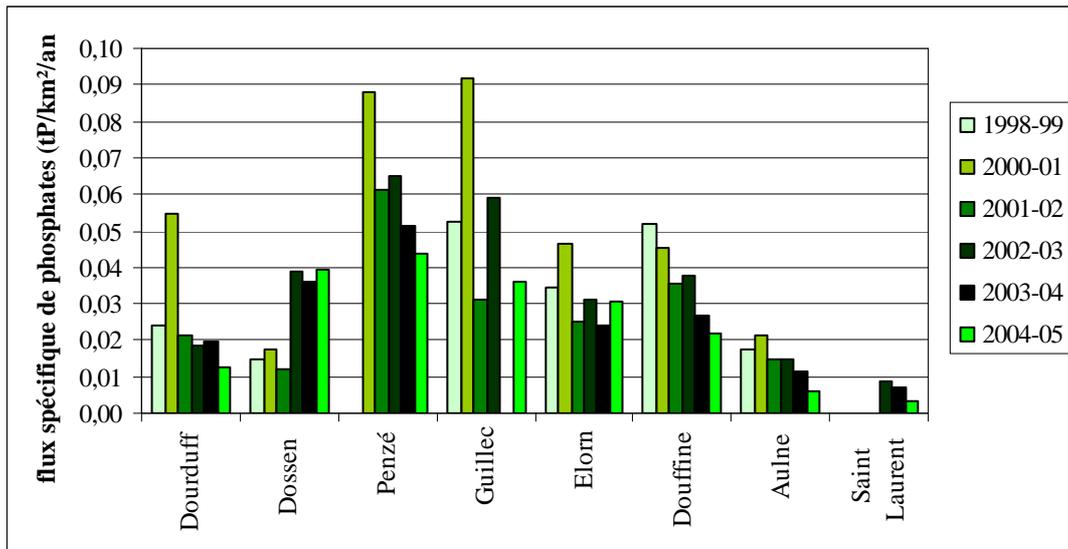


Figure 23. Réseau ECOFLUX : Comparaison des flux spécifiques estimés pour huit cours d'eau

Qualitativement, ce sont le Dossen, le Guillec et la Penzé qui présente les flux spécifiques les plus importants en phosphate. En général, les flux annuels ont eu tendance à diminuer en 2005. Il semble donc que nous soyons toujours en 2005 dans une tendance à la baisse des flux de phosphates depuis l'année 2001.

III.3.2.2 Variations des flux

La figure 24 expose les variations mensuelles des flux de phosphates pour les huit rivières dont on dispose des mesures de débits.

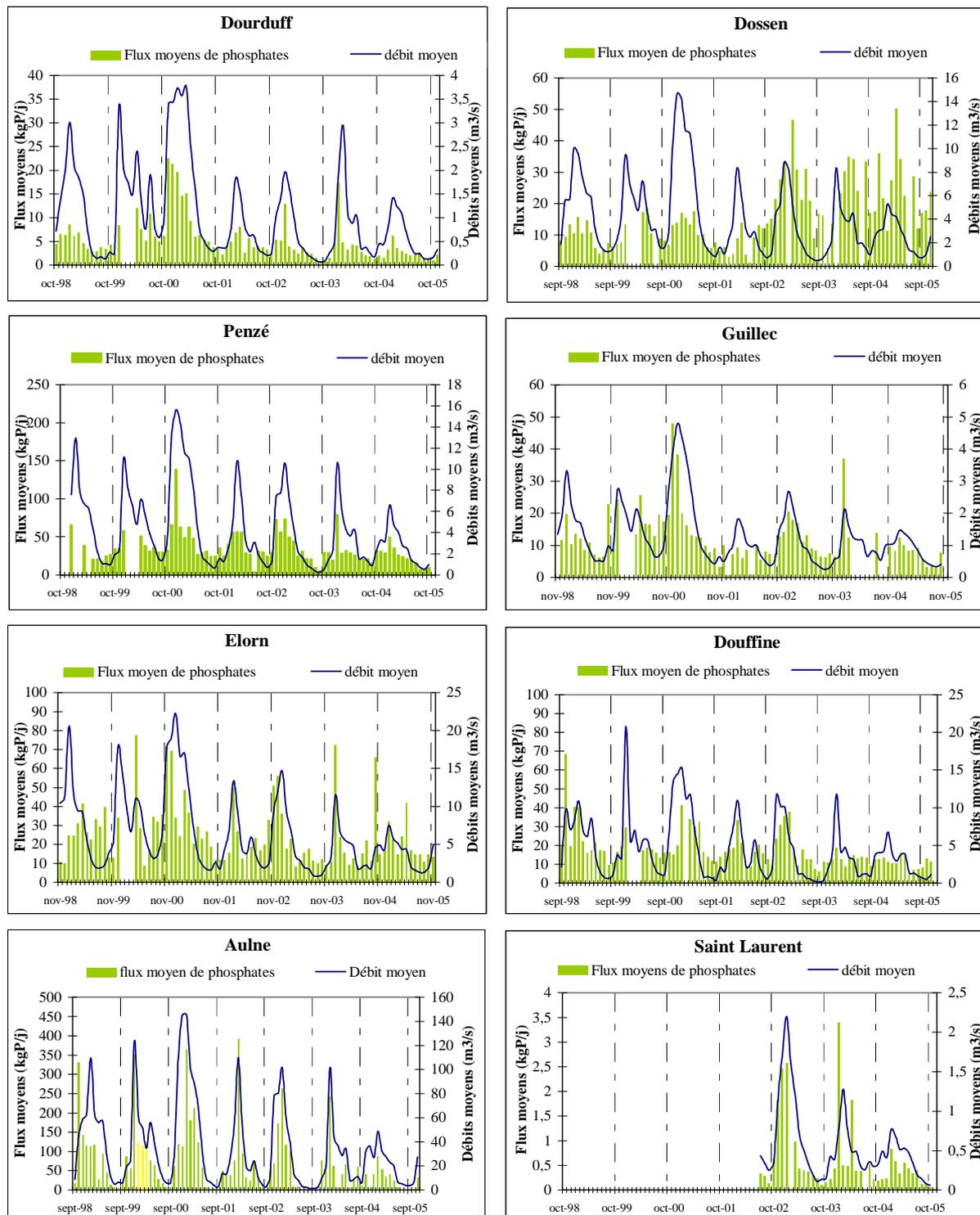


Figure 24. Réseau ECOFLUX : Flux moyens mensuels de phosphates et débits moyens mensuels au cours de la période d'étude

Si les flux sont en général maximaux en hiver, comme nous l'avons constaté pour les deux autres éléments, les flux semblent moins corrélés aux variations des débits pour certaines rivières (Dossen, Elorn). La capacité des phosphates à s'adsorber sur des particules peut expliquer cette observation.

Les mécanismes de transfert des phosphates vers le milieu aquatique sont donc plus complexes pour les phosphates que pour les nitrates ou les silicates. C'est en effet une molécule très réactive dont les principaux lieux de stockage sont le sol et dont les vecteurs de transfert vers les rivières sont les écoulements de surface. Cette complexité entraîne de fortes variations d'une année sur l'autre, et des tendances générales sur plusieurs années sont parfois difficiles à mettre en évidence.

III.4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le réseau ECOFLUX participe à la surveillance de la qualité des rivières depuis 1998. Son action doit se poursuivre afin d'obtenir de longues séries temporelles comme pour l'Elorn (figure 25). Ceci permettra de prendre du recul sur les évolutions observées de la qualité de l'eau et savoir si les variations sont dues à l'efficacité des politiques de réductions des apports dans les rivières ou aux variations naturelles (climatiques, biologiques...).

Depuis les années 70, les flux de nitrates dans l'Elorn ont présenté une tendance à l'augmentation, à mettre en relation avec les activités anthropiques (figure 25).

Cependant, nous pouvons remarquer des diminutions importantes des flux certains hivers (1989 et 1996-1997) moins pluvieux.

Ce travail doit se poursuivre sur les autres rivières afin d'obtenir une banque de données sur une échelle de temps suffisamment longue pour pouvoir distinguer l'impact anthropique de la variation climatique naturelle sur l'ensemble des 13 rivières finistériennes.

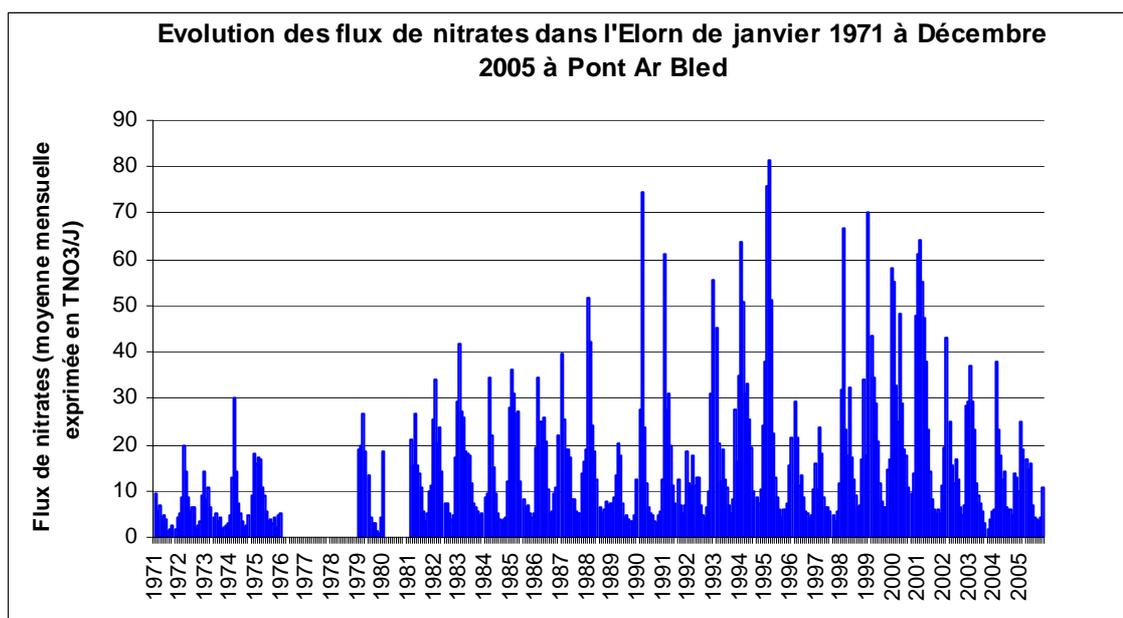


Figure 25. Réseau ECOFLUX : Variabilité des flux de nitrates de 1971 à 2005 (sources : DIREN, DDE, CEO, LEMAR, ECOFLUX)

D'ores et déjà, le réseau ECOFLUX constitue une banque de données départementale utilisable par divers organismes (IUEM, IFREMER, DIREN, CEVA, CAREN, ENSAR). Ainsi, P. AUROUSSEAU (2004) a mis en évidence l'existence de 3 cycles identiques pour 31 bassins versants bretons. Au cours de ces cycles, on assiste à une augmentation puis à une diminution des flux annuels de nitrates. (cf. rapport de janvier 2005 et figure 26)

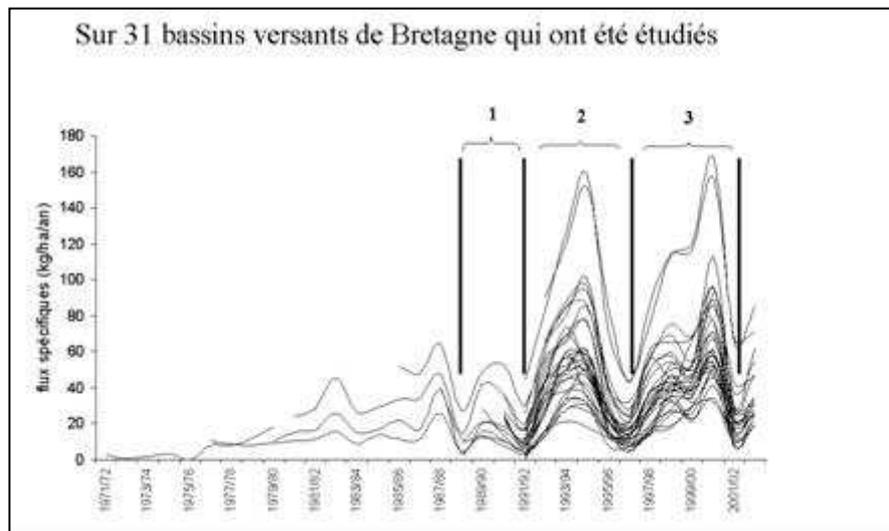


Figure 26. Evolution des flux spécifiques de nitrates de 31 bassins versants bretons (source : P. Aourousseau - ENSAR, 2004)

Ces cycles sont dus à la variabilité climatique notamment liée à l'oscillation Nord Atlantique (NAO) avec des variations de pluviosité entraînant l'alternance d'années plutôt sèches et d'années plus humides. En effet, les résultats précédents ont mis en évidence le rôle important des précipitations dans le transfert des éléments vers le milieu aquatique d'une part, ainsi que dans l'importance quantitative des flux.

Les données ECOFLUX, associées aux données de différents réseaux de Bretagne et de France ont permis de mettre en évidence que la Bretagne exporte près de quatre fois plus de nitrates que la Loire (en terme de flux spécifique).

Ses données devraient aussi permettre de mieux comprendre l'origine des apports en nitrates et en phosphates vers le littoral. Ces sels nutritifs pour les algues entraînent, par exemple, l'apparition de marées vertes sur les côtes finistériennes comme en baie de Douarnenez ou en baie de Guissey. L'acquisition d'une banque de donnée permettrait ainsi la modélisation de ces phénomènes dans le but de réduire efficacement les apports surtout en nitrates et donc limiter les apparitions de marées vertes sur les côtes finistériennes (figure 27).

Les marées vertes proviennent de l'eutrophisation. Cette dernière est caractérisée par un déséquilibre écologique. En effet, l'enrichissement des eaux en éléments minéraux et/ou organiques d'origine anthropique va entraîner la croissance de la production végétale dans le milieu aquatique. En Bretagne, c'est la prolifération d'Ulves, des macroalgues, qui sont à l'origine des marées vertes. Différents facteurs vont favoriser leur développement : climatiques, hydrodynamiques, géologiques et anthropiques. Pour ce dernier point, les apports en phosphate et en nitrate provenant des activités urbaines, agricoles et industrielles sont les responsables. Toutefois, le nitrate étant le sel nutritif limitant la croissance algale, c'est souvent celui-ci qui sera déterminant pour lutter contre la prolifération.

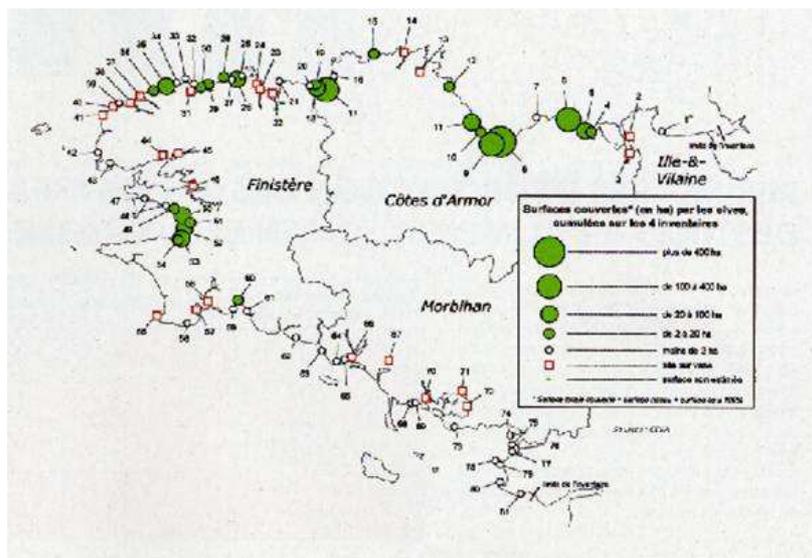


Figure 27. Localisation géographique des marées vertes en Bretagne

Par exemple, sur la plage de Saint Efflam avec une étude d'IFREMER (rapport de Menesguen, 2003), une modélisation a été réalisée. En connaissant les teneurs en sels nutritifs des rivières concernées, la modélisation a mis en évidence que ce sont les apports de nitrates qui sont responsables de la prolifération algale. Si nous n'avons aucun apport de nitrate, nous obtenons une diminution de 95% de la marée verte. La marée verte est causée pour les $\frac{3}{4}$ par les seuls apports de nitrate du Yar, petite rivière de St Efflam. Selon le modèle acquis, pour obtenir 50% d'abattement de la marée verte, il faut passer d'une concentration de 10 mg/L dans le Yar au lieu des 35-40 mg/L de nitrate présent.

Ainsi, il est important de noter l'existence de cycles à différentes échelles de temps (hebdomadaire, saisonnière, interannuelle) justifiant le pas de temps retenu pour le suivi effectué par le réseau ECOFLUX. Si l'impact des activités humaines est clairement établi notamment par la diversité des concentrations moyennes observées, le climat et ses variations jouent également un grand rôle dans les fluctuations des concentrations des éléments nutritifs au niveau saisonnier d'une part et au niveau interannuel d'autre part. La mise en évidence de cycles dans les variations des flux spécifiques de nitrates implique la nécessité d'un suivi parallèle des concentrations et des flux sur le long terme pour mieux les expliquer.

Par ailleurs, l'importance des flux en nitrates des bassins versants bretons comparés au reste de la France implique la poursuite de la veille scientifique afin de mieux comprendre les transferts des éléments nutritifs vers le milieu aquatique et les causes des variations observées. Cela induit également la nécessité de continuer les actions de reconquête de la qualité de l'eau et de la sensibilisation auprès des lycéens et du grand public. Ces actions ont vraisemblablement déjà permis de limiter la quantité de nitrates transmis au milieu aquatique dulcicole ou maritime.

ANNEXES :

- ✓ Annexe I : protocole de prélèvement.
- ✓ Annexe II : articles de journaux.
- ✓ Annexe III : résultats pour les 13 rivières suivies depuis janvier 2005.
- ✓ Annexe IV : fiches de renseignements des rivières suivies.
- ✓ Annexe V : classifications des rivières en bassin versant (selon le BRGM)
- ✓ Annexe VI : tests statistiques.

ANNEXE I

PROTOCOLE DE PRELEVEMENT

Cette méthodologie de prélèvement est basée sur un ouvrage d'hydrologie de référence d'Aminot et Kerouel (2004), nécessaire pour valoriser qualitativement les résultats et être rigoureux sur le long terme dans une série temporelle.

Afin, de familiariser les bénévoles avec le prélèvement, une formation sur le terrain est effectuée au départ avec l'animateur du réseau ECOFLUX. Puis, en début d'année scolaire et lors des collectes (tous les 45 jours), nous effectuons un bilan sur les prélèvements avec eux.

Voici les étapes pour prélever :

- 1) **Rincer la bouteille de prélèvement** 3 fois avec l'eau de la rivière.
- 2) **Plonger la bouteille de prélèvement**
- 3) **Rincer les flacons** 3 fois avec l'eau de la rivière ainsi que les bouchons et le filtre.
- 4) **Positionner le filtre (de 200 µm) sur le flacon et verser l'eau de la rivière.** Un crayon, rincé à l'eau de la rivière, peut être utilisé pour donner au filtre la forme de l'encolure du flacon.

Attention: les flacons qui vont au congélateur (nitrates et phosphates) ne doivent être remplis qu'à moitié. Le flacon des silicates peut être entièrement rempli (il va au réfrigérateur).

- 5) **Rincer le filtre et la bouteille.**

- 6) **Indiquer sur chaque flacon:**

- le nom et le numéro du site
- l'élément à mesurer (N03, P ou Si)
- la date.

N° de rivière	ECOFLUX
Nom de la rivière	
Date	
Élément à mesurer	

- 7) **Remplir la fiche de prélèvement** (nom de la rivière, numéro du site, nom de l'établissement, date de prélèvement, diverses observations).

- 8) **Mettre les flacons de:**

- silicates au réfrigérateur,
- nitrates au congélateur,
- phosphates au congélateur,

Le plus rapidement possible après le prélèvement afin d'éviter l'action des rayons du soleil (à cause des photons), une activité bactérienne ou des modifications physico-chimiques (tel que le passage du particulaire au dissous) qui changeraient les concentrations des éléments suivis.

- 9) **Les flacons** sont collectés tous les 6 semaines environ par l'animateur du réseau ECOFLUX puis déposés au LDV à Quimper pour les nitrates ou analysés directement à l'IUEM, pour les phosphates et les silicates.

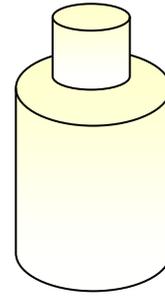
RECOMMANDATIONS GENERALES

1) Le prélèvement doit toujours se faire, chaque semaine, au même endroit, en suivant les indications sur la fiche rivière.

2) Éviter de mettre les doigts sur le matériel, notamment le filtre et l'encolure des flacons. L'eau ne doit jamais être en contact avec les mains (rappel : le savon contient en général des phosphates, le contact des doigts avec le filtre, les goulots ou les bouchons peut fausser les résultats en phosphates).

SILICATES

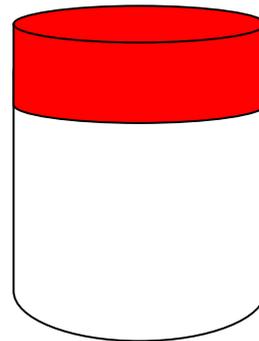
- Remplir entièrement
- Placer au frigo
- A conserver jusqu'à ce que je passe.



60 ml en plastique

NITRATES

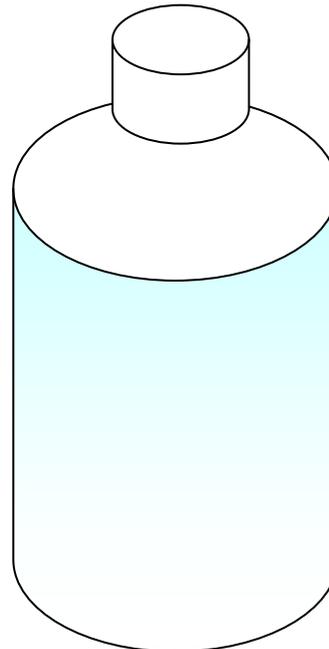
- Remplir à moitié
- Placer au congélateur
- A conserver jusqu'à ce que je passe.



125 ml en plastique

PHOSPHATES

- Remplir à moitié
- Placer au congélateur
- A conserver jusqu'à ce que je passe.



250 ml en verre

ANNEXE II
Articles de journaux

ANNEXE III

Résultats par rivières depuis janvier 2005

Dourduff

Date	Nitrates (mg/l)	Silicates (mgSiO2/l)	Silicates*4	Phosphate (mgP/l)	Phosphates (mgPO4---/l)	Débits à Garlan	Débits m3/s (correction)	Flux nitrates (tNO3/j)	Flux silicates (tSiO2/j)	Flux phosphates (kg PO4---/j)
03/01/2005	36	12,8	51,40	0,053	0,164	0,783	1,305	4,059	1,448	18,506
07/01/2005	36	12,3	49,30	0,052	0,161	0,649	1,082	3,364	1,151	15,049
10/01/2005	42	13,1	52,30	0,074	0,229	0,771	1,285	4,663	1,451	25,442
17/01/2005	38	12,8	51,20	0,049	0,152	0,625	1,042	3,420	1,153	13,657
24/01/2005	37	12,0	48,00	0,058	0,181	1,090	1,817	5,808	1,884	28,342
31/01/2005	21	12,4	49,80	0,040	0,123	0,763	1,272	2,307	1,367	13,558
07/02/2005	46	12,7	51,00	0,005	0,016	0,723	1,205	4,789	1,327	1,700
20/02/2005	44	12,5	49,90	0,041	0,127	0,622	1,037	3,941	1,117	11,372
26/02/2005	36	11,5	46,20	0,040	0,124	0,933	1,555	4,837	1,551	16,642
28/02/2005	25	11,5	46,20	0,035	0,109	0,858	1,430	3,089	1,427	13,453
07/03/2005	36	11,7	46,60	0,025	0,077	0,831	1,385	4,308	1,395	9,229
14/03/2005	46	12,6	50,45	0,033	0,102	0,649	1,082	4,299	1,179	9,551
21/03/2005	44	11,6	46,21	0,033	0,102	0,506	0,843	3,206	0,842	7,446
29/03/2005	39	11,7	46,85			0,475	0,792	2,668	0,801	
04/04/2005	39	11,8	47,36	0,039	0,121	0,383	0,638	2,151	0,653	6,661
11/04/2005	41	11,7	46,60	0,036	0,111	0,338	0,563	1,996	0,567	5,426
24/04/2005	31	11,5	46,12	0,042	0,130	0,494	0,823	2,205	0,820	9,252
01/05/2005	35	12,3	49,09	0,053	0,164	0,336	0,560	1,693	0,594	7,941
02/05/2005	35	11,8	47,24	0,056	0,173	0,313	0,522	1,578	0,532	7,816
09/05/2005	38	12,1	48,38	0,053	0,164	0,268	0,447	1,466	0,467	6,334
18/05/2005	41	11,7	46,96	0,051	0,158	0,226	0,377	1,334	0,382	5,140
23/05/2005	29	11,4	45,71	0,053	0,164	0,217	0,362	0,906	0,357	5,129
30/05/2005	30	11,8	47,25	0,06	0,186	0,171	0,285	0,739	0,291	4,575
06/06/2005	42	12,6	50,40	0,1	0,310	0,210	0,350	1,270	0,381	9,365
14/06/2005	33	13,0	51,82	0,074	0,229	0,133	0,222	0,632	0,248	4,389
20/06/2005	48	13,0	52,11	0,107	0,331	0,142	0,237	0,982	0,266	6,776
27/06/2005	50	12,8	51,09	0,116	0,359	0,132	0,220	0,950	0,243	6,828
01/07/2005	46	13,5	53,94	0,109	0,338	0,156	0,260	1,033	0,303	7,583
08/07/2005		13,6	54,40	0,108	0,334	0,134	0,223		0,262	6,454
15/07/2005	45	13,3	53,19	0,133	0,412	0,089	0,148	0,577	0,170	5,279
22/07/2005	45	13,7	54,78	0,136	0,421	0,083	0,138	0,538	0,164	5,034
30/07/2005	28	13,8	55,11	0,09	0,279	0,404	0,673	1,629	0,802	16,214
05/08/2005	43			0,108	0,334	0,093	0,155	0,576		4,479
12/08/2005	44			0,102	0,316	0,074	0,123	0,469		3,366
19/08/2005	44			0,122	0,378	0,078	0,130	0,494		4,244
05/09/2005	39	13,0	51,82	0,089	0,276	0,066	0,110	0,371	0,123	2,619
12/09/2005	34	13,1	52,41	0,104	0,322	0,070	0,117	0,343	0,132	3,246
19/09/2005	33	14,0	56,13	0,123	0,381	0,078	0,130	0,371	0,158	4,278
26/09/2005	38	12,0	48,19	0,09	0,279	0,077	0,128	0,421	0,134	3,090
03/10/2005	28	12,8	51,38	0,097	0,300	0,064	0,107	0,258	0,118	2,768
10/10/2005	37	12,8	51,00	0,086	0,266	0,068	0,113	0,362	0,125	2,608
17/10/2005	26	13,3	53,25	0,102	0,316	0,092	0,153	0,344	0,176	4,185
07/11/2005	17	14,8	59,22	0,09	0,279	0,178	0,297	0,436	0,379	7,144
14/11/2005	21	15,1	60,25	0,078	0,242	0,160	0,267	0,484	0,347	5,565
21/11/05	32	15,4	61,64	0,052	0,161	0,135	0,225	0,622	0,300	3,130
28/11/2005	22	13,9	55,70	0,066	0,204	0,371	0,618	1,175	0,744	10,919
05/12/2005	22	12,3	49,12	0,055	0,170	1,040	1,733	3,295	1,839	25,508

Dossen

Date	Nitrates (mg/l)	Silicates (mgSiO2/l)	Silicates*4	Phosphates (mgP/l)	Phosphates (mgPO4---/l)	Débits m3/s	Flux nitrates (tNO3/j)	Flux silicates (tSiO2/j)	Flux phosphates (kgPO4---/j)
07/01/2005	25	11,46	45,83	0,044	0,136	3,749	8,098	3,711	44,136
09/01/2005	14					3,907	4,726		
13/01/2005	25	10,95	43,79	0,051	0,158	4,482	9,681	4,239	61,160
04/02/2005	32	12,46	49,86	0,079	0,243	4,072	11,257	4,385	85,546
18/02/2005	29			0,079	0,245	3,987	9,989		84,391
28/02/2005				0,077	0,240	4,128			85,433
03/03/2005	26								
24/03/2005	30	10,93	43,73	0,179	0,554	3,275	8,488	3,093	156,833
30/03/2005	31	13,15	52,60	0,192	0,595	3,557	9,527	4,041	182,724
31/03/2005		11,46	45,83	0,143	0,443	3,300		3,267	126,256
07/04/2005	30	12,74	50,96	0,168	0,520	2,941	7,623	3,237	132,199
13/04/2005	27	12,16	48,62	0,113	0,350	2,844	6,635	2,987	85,998
20/04/2005	25	11,42	45,68	0,097	0,300	4,191	9,053	4,135	108,775
27/04/2005	23	10,90	43,59	0,081	0,251	3,454	6,864	3,252	74,859
18/05/2005	29	11,40	45,59	0,119	0,369	2,179	5,459	2,146	69,375
08/07/2005	28	13,03	52,10	0,295	0,914	1,188	2,874	1,337	93,757
13/07/2005	29	13,39	53,56	0,303	0,938	0,891	2,232	1,031	72,224
22/07/2005	30	14,08	56,32	0,287	0,889	0,777	2,014	0,945	59,659
29/07/2005	30	13,60	54,39	0,278	0,861	1,768	4,582	2,077	131,492
04/08/2005		13,68	54,72			0,943		1,115	
11/08/2005		13,51	54,06			0,805		0,939	
19/08/2005	26	12,77	51,06	0,031	0,096	0,691	1,551	0,762	5,727
26/08/2005	30	14,03	56,12	0,266	0,824	0,963	2,496	1,167	68,527
13/09/2005	28	13,88	55,53	0,310	0,960	0,714	1,727	0,856	59,223
28/09/2005	21	12,95	51,81	0,237	0,734	0,725	1,316	0,812	45,999
04/10/2005	23	13,22	52,90	0,179	0,554	0,654	1,301	0,748	31,345
05/10/2005	29	13,64	54,54	0,322	0,997	0,643	1,611	0,757	55,379
12/10/2005	25	13,61	54,44	0,210	0,650	0,995	2,150	1,170	55,927
13/10/2005		12,47	49,86	0,132	0,409	2,025		2,181	71,518
18/10/2005	24	13,81	55,23	0,279	0,864	0,807	1,673	0,962	60,217
10/11/2005	29	12,87	51,49	0,172	0,533	2,198	5,508	2,445	101,162
16/11/2005	27	12,62	50,50	0,131	0,406	2,091	4,877	2,281	73,283
17/11/2005	21	10,72	42,88			1,831	3,322	1,696	
23/11/2005	23			0,138	0,427	1,515	3,011		55,943
24/11/2005	18	12,58	50,31	0,145	0,449	1,546	2,405	1,680	59,988
30/11/2005	27	12,02	48,06	0,104	0,322	2,852	6,653	2,961	79,358
08/12/2005	27	11,34	45,37	0,052	0,161				

Penzé

Date	Nitrates (mg/l)	Silicates (mg SiO2/l)	Silicates*4 (mg/l)	Phosphates (mgP/l)	Phosphates (mgPO4--/l)	Débits m3/s à Penhoat	Débits (correction)	Flux NO3 (tNO3/j)	Flux silicates (tSiO2/j)	Flux phosphates (kg PO4--/j)
10/01/2005	88	10,80	43,21	0,092	0,285	4,610	6,735	51,209	6,286	165,791
22/01/2005	60	10,87	43,48	0,069	0,214	5,290	7,729	40,065	7,259	142,684
04/02/2005	48	11,34	45,36	0,083	0,257	3,210	4,690	19,449	4,595	104,149
13/02/2005	63	9,78	39,11	0,095	0,294	3,620	5,289	28,788	4,468	134,339
26/02/2005	64	10,84	43,35	0,070	0,216	3,250	4,748	26,256	4,446	88,595
05/03/2005	80	10,48	41,91	0,059	0,184	3,800	5,552	38,374	5,026	88,354
10/03/2005	67	10,91	43,62	0,069	0,214	3,120	4,558	26,387	4,295	84,336
20/03/2005	45	11,23	44,92	0,085	0,263	2,230	3,258	12,667	3,161	74,096
27/03/2005	40	11,07	44,27	0,084	0,260	2,270	3,316	11,462	3,171	74,538
05/04/2005	37	10,79	43,16	0,092	0,285	1,690	2,469	7,893	2,302	60,778
20/04/2005	32	10,17	40,68	0,087	0,269	2,170	3,170	8,765	2,786	73,799
30/04/2005	47	10,34	41,36	0,097	0,300	2,270	3,316	13,467	2,963	86,073
08/05/2005	51	10,60	42,40	0,088	0,273	1,880	2,747	12,103	2,515	64,671
28/05/2005	50	10,70	42,80	0,132	0,409	1,270	1,855	8,016	1,715	65,531
08/06/2005	51	11,02	44,07	0,151	0,468	1,070	1,563	6,888	1,488	63,159
21/06/2005	50	11,05	44,20	0,183	0,567	0,816	1,192	5,150	1,138	58,373
28/06/2005	49	11,33	45,32	0,200	0,619	0,723	1,056	4,472	1,034	56,525
14/07/2005	53	12,44	49,77	0,250	0,774	0,508	0,742	3,399	0,798	49,645
17/07/2005	55	12,58	50,30	0,239	0,740	0,444	0,649	3,083	0,705	41,481
10/08/2005	53			0,200	0,619	0,453	0,662	3,031		35,416
17/08/2005	48	13,47	53,89	0,127	0,393	0,387	0,565	2,345	0,658	19,213
25/08/2005	44					1,210	1,768	6,720		
28/08/2005		12,18	48,72	0,177	0,548	0,496	0,725		0,763	34,318
01/09/2005	47	12,76	51,04	0,232	0,718	0,391	0,571	2,320	0,630	35,460
12/09/2005	45	12,36	49,44	0,263	0,814	0,412	0,602	2,340	0,643	42,357
17/09/2005	41	13,03	52,12			0,434	0,634	2,246	0,714	
25/09/2005	46	12,83	51,33			0,384	0,561	2,230	0,622	
04/10/2005	47	13,07	52,26	0,220	0,681	0,372	0,543	2,207	0,614	31,992
16/10/2005	45					0,522	0,763	2,965		
17/10/2005		13,59	54,36	0,210	0,650	0,500	0,730		0,858	41,045
19/10/2005	44	13,77	55,06	0,227	0,703	0,540	0,789	2,999	0,938	47,917

Guillec

Date	Nitrates (mg/l)	Silicates (mg iO2/l)	Silicates*4	Phosphates (mgP/l)	Phosphates (mgPO4--/l)	Débits à Trézilidé	Débits m3/s (corrigés)	Flux nitrates (tNO3/j)	Flux silicates (tSiO2/j)	Flux phosphates (kg PO4--/j)
03/01/2005	70	14,2	56,9	0,095	0,294	0,663	1,141	6,901	1,402	29,002
10/01/2005	69	13,4	53,8	0,124	0,384	0,992	1,707	10,177	1,983	56,640
17/01/2005	73	14,2	56,8	0,125	0,387	0,727	1,251	7,891	1,535	41,844
24/01/2005	85	13,6	54,6	0,093	0,289	0,842	1,449	10,642	1,708	36,124
31/01/2005	82	14,2	56,6	0,078	0,240	0,753	1,296	9,181	1,585	26,922
07/02/2005	83	14,1	56,5	0,057	0,177	0,768	1,322	9,478	1,613	20,205
21/02/2005	84	13,8	55,2	0,096	0,297	0,654	1,125	8,168	1,342	28,909
28/02/2005	87	13,7	54,7	0,115	0,355	0,835	1,437	10,801	1,697	44,048
07/03/2005	78	13,8	55,1	0,063	0,194	0,787	1,354	9,127	1,611	22,722
14/03/2005	56	13,5	53,8	0,083	0,257	0,723	1,244	6,020	1,446	27,631
21/03/2005	55	12,7	50,6	0,095	0,294	0,674	1,160	5,512	1,268	29,483
28/03/2005	52	12,4	49,8	0,071	0,220	0,608	1,046	4,701	1,125	19,877
04/04/2005	78	12,6	50,5	0,085	0,263	0,537	0,924	6,228	1,009	21,017
11/04/2005	68	12,3	49,3	0,111	0,344	0,528	0,909	5,339	0,969	26,986
18/04/2005	54	11,8	47,4	0,104	0,322	0,650	1,119	5,219	1,145	31,127
02/05/2005	90	12,9	51,4	0,131	0,406	0,544	0,936	7,280	1,039	32,814
09/05/2005	96	12,9	51,7	0,163	0,505	0,468	0,805	6,680	0,899	35,125
16/05/2005	97	12,1	48,5	0,132	0,409	0,452	0,778	6,519	0,815	27,473
23/05/2005	90	13,0	51,9	0,152	0,471	0,463	0,797	6,196	0,894	32,405
30/05/2005	96	12,1	48,3	0,083	0,257	0,385	0,663	5,496	0,692	14,714
06/06/2005	94	11,6	46,3	0,119	0,369	0,379	0,652	5,297	0,652	20,767
13/06/2005	81	12,4	49,6	0,112	0,347	0,321	0,552	3,866	0,592	16,554
20/06/2005	89	11,6	46,2	0,111	0,344	0,300	0,516	3,970	0,516	15,333
27/06/2005	87	11,5	45,8	0,124	0,384	0,272	0,468	3,519	0,464	15,530
04/07/2005	65	14,7	58,9	0,083	0,257	0,268	0,461	2,590	0,587	10,242
18/07/2005	84	12,0	48,1	0,084	0,260	0,209	0,360	2,610	0,373	8,084
22/07/2005	83	14,6	58,6	0,118	0,365	0,211	0,363	2,604	0,459	11,464
01/08/2005		15,1	60,3	0,090	0,279	0,241	0,415		0,540	9,987
08/08/2005	90	13,1	52,5	0,131	0,406	0,221	0,380	2,957	0,431	13,331
15/08/2005	91	14,1	56,5	0,115	0,356	0,206	0,355	2,787	0,433	10,908
22/08/2005	92	14,3	57,2	0,100	0,310	0,197	0,339	2,695	0,419	9,071
29/08/2005	76	13,5	53,9	0,085	0,263	0,206	0,355	2,328	0,413	8,063
19/09/2005	95	14,4	57,5	0,102	0,316	0,190	0,327	2,684	0,406	8,924
19/10/2005	84	15,1	60,5	0,232	0,718	0,220	0,379	2,748	0,495	23,502
28/11/2005				0,171	0,530	0,550	0,947			43,306
06/12/2005				0,139	0,430	1,220	2,100			78,084

Flèche

Date	Nitrates (mg/l)	Silicates (mg SiO ₂ /l)	Phosphates (mgP/l)	Phosphates (mgPO ₄ --/l)	Silicates*4
06/01/2005	58	15,4	0,096	0,297	61,496
14/01/2005	60	15,1	0,101	0,313	60,528
21/01/2005	54	14,1	0,125	0,387	56,568
30/01/2005	65	14,8	0,091	0,281	59,254
09/02/2005	84	15,0	0,064	0,197	59,907
24/02/2005	63	13,1	0,104	0,322	52,406
10/03/2005	96	13,5	0,050	0,154	53,962
26/03/2005	55	9,8	0,064	0,198	39,396
07/04/2005	61	9,6	0,043	0,133	38,404
22/04/2005	59	10,8	0,072	0,223	43,084
04/05/2005	65	11,9	0,071	0,220	47,640
17/05/2005	70	6,8	0,027	0,084	27,172
02/06/2005	72	8,3	0,042	0,130	33,036
08/06/2005	70	5,9	0,055	0,170	23,668
17/06/2005	68	9,6	0,094	0,291	38,256
25/06/2005	71	3,2	0,096	0,297	12,660
04/07/2005	70	9,0	0,078	0,242	35,964
13/07/2005	72	7,7	0,082	0,254	30,772
20/07/2005	70	11,1	0,116	0,359	44,584
01/08/2005	64	15,3	0,113	0,350	61,284
12/08/2005	73	14,4	0,087	0,269	57,440
21/08/2005	72	14,5	0,144	0,446	57,992
31/08/2005	69	14,9	0,101	0,313	59,792
08/09/2005	64	14,6	0,109	0,338	58,272
15/09/2005	63	15,2	0,079	0,245	60,624
21/09/2005	59	15,0	0,070	0,217	60,032
22/09/2005	70	14,4	0,104	0,322	57,576
29/09/2005	54	14,0	0,098	0,303	55,816
02/10/2005	64	14,6	0,094	0,291	58,468
05/10/2005	69	15,0	0,082	0,254	60,148
09/10/2005	70	15,1	0,081	0,251	60,276
13/10/2005	27	14,0	0,184	0,570	56,076
20/10/2005	52	15,5	0,148	0,458	62,138
03/11/2005	26	12,8	0,306	0,948	51,058
09/11/2005	18	12,4	0,285	0,883	49,497
17/11/2005	57	17,0	0,095	0,294	67,988
24/11/2005	62	17,3	0,063	0,195	69,048
01/12/2005	38	14,7	0,163	0,505	58,916
08/12/2005	38	12,0	0,146	0,452	48,049

Quillimadec

Date	Nitrates (mg/l)	Silicates (mg SiO ₂ /l)	Phosphates (mgP/l)	Phosphates (mgPO ₄ --/l)	Silicates*4
07/01/2005	45	17,06	0,125	0,387	68,228
04/02/2005	50	13,60	0,222	0,687	54,384
18/02/2005	51	13,62	0,132	0,409	54,488
24/02/2005	48	14,64	0,122	0,378	58,576
11/03/2005	55	15,86	0,145	0,449	63,436
23/03/2005	55	14,50	0,077	0,238	57,980
30/03/2005	50	15,17	0,116	0,359	60,696
22/04/2005	52	14,52	0,086	0,266	58,088
26/04/2005	40	14,90	0,137	0,424	59,600
04/05/2005		15,58	0,119	0,369	62,320
20/05/2005	29	11,29	0,165	0,511	45,172
31/05/2005	59	15,03	0,103	0,319	60,136
08/06/2005	62	15,33	0,134	0,415	61,300
17/06/2005	61	15,38	0,123	0,381	61,536
23/06/2005	61	10,90	0,166	0,514	43,588
08/07/2005	62	15,83	0,194	0,601	63,300
12/07/2005	59	15,95	0,196	0,607	63,812
19/07/2005	62	16,11	0,153	0,474	64,436
29/07/2005	46	17,57	0,179	0,554	70,296
01/08/2005	55	17,42	0,204	0,632	69,672
09/08/2005	60	17,01	0,124	0,384	68,020
26/08/2005	56	16,34	0,107	0,331	65,360
02/09/2005	60	16,86	0,102	0,316	67,456
08/09/2005	58	16,68	0,091	0,282	66,736
14/09/2005	60	15,39	0,105	0,325	61,560
05/10/2005	58	16,73	0,085	0,263	66,932
04/11/2005	33	16,97	0,318	0,985	67,892
10/11/2005	40	17,51	0,215	0,666	70,048
18/11/2005	49	18,17	0,193	0,598	72,671
21/11/2005	42	18,08	0,150	0,465	72,331
28/11/2005	42	16,93	0,189	0,585	67,724

Elorn

Date							Débits m3/s	Flux		
	Nitrates (Réseau)	Nitrates (CUB) mg/l	Silicates (mgSiO2/l)	Silicates*4	Phosphates (mgP/l)	Phosphates (mgPO4--/l)		nitrates CUB (tNO3/j)	Flux silicates (t SiO2/j)	Flux phosphates (kg PO4--/j)
01/01/2005	38	39	9,24	36,96	0,061	0,189	7,430	25,036	5,932	121,267
07/01/2005	39	39	9,02	36,08	0,052	0,161	5,930	19,982	4,621	82,505
14/01/2005	41	38	8,20	32,79	0,043	0,133	7,430	24,394	5,262	85,483
21/01/2005	36	38	8,46	33,82	0,047	0,146	8,000	26,266	5,845	100,603
28/01/2005	40	41	8,74	34,96	0,047	0,146	8,000	28,339	6,041	100,975
04/02/2005	44	44	9,41	37,65	0,049	0,152	5,230	19,882	4,254	68,883
13/02/2005	37	34	9,35	37,42	0,044	0,137	6,100	17,919	4,930	72,211
18/02/2005	42	39	8,87	35,50	0,055	0,171	5,580	18,802	4,279	82,679
27/02/2005	37	36	8,95	35,80	0,033	0,103	5,930	18,445	4,585	52,998
05/03/2005	45	39	8,46	33,84	0,003	0,008	6,290	21,195	4,598	4,389
10/03/2005	41	41	8,68	34,72	0,045	0,139	5,750	20,369	4,312	68,970
18/03/2005	44	42	8,72	34,87	0,049	0,152	4,700	17,055	3,540	61,619
25/03/2005	43	40	8,51	34,05	0,043	0,134	3,730	12,891	2,743	43,278
31/03/2005	38	38	8,91	35,62	0,044	0,135	3,890	12,772	2,993	45,440
08/04/2005	38	40	8,41	33,64	0,033	0,102	3,730	12,891	2,710	32,934
15/04/2005	36	34	8,68	34,73	0,033	0,102	3,110	9,136	2,333	27,460
22/04/2005	35	33	8,14	32,56	0,065	0,201	3,730	10,635	2,624	64,870
29/04/2005	23	27	6,70	26,80	0,060	0,186	10,920	25,474	6,322	175,306
08/05/2005	36	36	8,18	32,70	0,033	0,102	4,200	13,064	2,967	37,084
13/05/2005	37	37	8,25	33,01	0,037	0,115	3,420	10,933	2,439	33,857
20/05/2005	21	33	6,42	25,67	0,143	0,443	10,140	28,911	5,622	387,969
27/05/2005	37	34	8,99	35,95	0,063	0,195	3,420	10,047	2,656	57,649
03/06/2005	38	39	9,28	37,10	0,063	0,195	2,540	8,559	2,035	42,815
10/06/2005	42	40	9,46	37,83	0,095	0,294	2,040	7,050	1,667	51,853
17/06/2005	40	40	9,60	38,40	0,125	0,387	2,040	7,050	1,692	68,228
24/06/2005	42	42	10,25	41,00	0,109	0,338	1,500	5,443	1,328	43,746
01/07/2005	37	36	9,70	38,80	0,117	0,362	1,710	5,319	1,433	53,531
10/07/2005	41	40	10,07	40,30	0,118	0,365	1,220	4,216	1,062	38,518
16/07/2005	42	40	10,08	40,32	0,120	0,372	1,220	4,216	1,062	39,171
23/07/2005	39	40	10,02	40,09	0,140	0,434	1,020	3,525	0,883	38,208
29/07/2005	30	26	10,30	41,19	0,104	0,322	1,930	4,336	1,717	53,705
03/08/2005	36	34	10,65	42,62	0,099	0,307	1,310	3,848	1,206	34,700
13/08/2005	35	35	10,06	40,24	0,149	0,461	1,120	3,387	0,973	44,651
19/08/2005	40	35	9,64	38,57	0,183	0,567	1,220	3,689	1,016	59,736
26/08/2005	29	27	10,15	40,61	0,096	0,297	1,710	3,989	1,500	43,923
02/09/2005	35	33	9,83	39,30	0,078	0,242	1,120	3,193	0,951	23,374
09/09/2005	33	32	9,49	37,98	0,098	0,303	1,310	3,622	1,075	34,350
16/09/2005	31	30	9,81	39,23	0,101	0,313	1,410	3,655	1,195	38,103
23/09/2005	32	31	8,95	35,81	0,137	0,424	1,120	3,000	0,866	41,055
30/09/2005	29	30	9,01	36,04	0,099	0,307	1,220	3,162	0,950	32,316
06/10/2005	29	29	9,18	36,72	0,130	0,403	1,310	3,282	1,039	45,566
14/10/2005	27	26	9,21	36,86	0,101	0,313	1,310	2,943	1,043	35,401
21/10/2005	24	23	9,05	36,19	0,083	0,257	3,420	6,796	2,673	75,950
28/10/2005	26	27	9,49	37,96	0,053	0,164	1,930	4,502	1,583	27,369
05/11/2005	29	32	8,65	34,59	0,048	0,149	5,050	13,962	3,773	64,857
14/11/2005	30	33	9,24	36,98	0,034	0,105	4,350	12,403	3,474	39,572
21/11/2005	37	30	9,35	37,41	0,031	0,096	2,800	7,258	2,262	23,224
28/11/2005	32	27	9,03	36,14	0,038	0,118	4,040	9,425	3,154	41,076

Douffine

Date						Débits		Flux	Flux	Flux
	Nitrates (mg/l)	Silicates (mgSiO2/l)	Silicates*4	Phosphates (mgP/l)	Phosphates (mgPO4--/l)	Débits m3/s	corrigés m3/s	nitrates (tNO3/j)	silicates (tSiO2/j)	phosphates (kg PO4--/j)
07/01/2005	24	5,5	22,1	0,023	0,071	4,520	5,797	12,021	2,766	35,677
22/01/2005	25	5,5	21,8	0,014	0,043	5,910	7,580	16,373	3,574	28,394
29/01/2005	24	5,5	22,1	0,028	0,087	4,330	5,554	11,516	2,656	41,607
05/02/2005	23	5,6	22,4	0,031	0,097	2,710	3,476	6,907	1,685	29,157
12/02/2005	22	5,2	20,9	0,020	0,062	4,190	5,374	10,215	2,430	28,758
17/02/2005	26	5,5	22,0	0,034	0,105	3,690	4,733	10,632	2,246	43,055
24/02/2005	23	5,9	23,5	0,030	0,093	2,550	3,271	6,499	1,663	26,253
04/03/2005		5,1	20,2			2,770	3,553		1,553	
11/03/2005	24	4,7	19,0	0,037	0,113	2,610	3,348	6,942	1,371	32,805
18/03/2005	21	5,3	21,1	0,045	0,139	1,990	2,552	4,631	1,166	30,731
01/04/2005	18	4,8	19,2	0,059	0,183	1,520	1,950	3,032	0,810	30,776
09/04/2005	16	5,2	20,7	0,065	0,201	1,690	2,168	2,997	0,967	37,698
15/04/2005	16	4,8	19,2	0,067	0,207	1,760	2,257	3,121	0,937	40,467
21/04/2005	17	4,9	19,7	0,041	0,127	2,680	3,437	5,049	1,465	37,708
29/04/2005	15	4,4	17,6	0,026	0,081	6,850	8,786	11,386	3,345	61,120
05/05/2005	19	4,6	18,4	0,029	0,090	4,260	5,464	8,970	2,166	42,396
13/05/2005	20	4,6	18,5	0,044	0,136	2,560	3,283	5,674	1,315	38,655
20/05/2005	7,6	3,9	15,6	0,037	0,115	4,560	5,849	3,840	1,972	57,901
27/05/2005	17	4,7	19,0	0,065	0,201	2,050	2,629	3,862	1,077	45,728
09/06/2005	20	5,2	21,0	0,099	0,307	0,337	0,432	0,747	0,196	11,449
16/06/2005	16	5,3	21,2	0,097	0,300	0,327	0,419	0,580	0,192	10,885
24/06/2005	23	5,4	21,5	0,189	0,585	0,276	0,354	0,703	0,164	17,901
30/06/2005	20	5,4	21,7	0,158	0,489	0,289	0,371	0,641	0,174	15,670
07/07/2005	19	5,7	22,7	0,165	0,511	0,258	0,331	0,543	0,163	14,609
14/07/2005	21	5,7	23,0	0,224	0,694	0,218	0,280	0,507	0,139	16,758
22/07/2005	21	5,8	23,3	0,237	0,734	0,361	0,463	0,840	0,233	29,361
29/07/2005	12	6,2	24,7	0,075	0,232	1,050	1,347	1,396	0,719	27,025
05/08/2005	18	5,7	23,0	0,117	0,362	0,592	0,759	1,181	0,377	23,770
12/08/2005	19	5,6	22,4	0,156	0,483	0,424	0,544	0,893	0,263	22,699
19/08/2005	20	5,6	22,3	0,183	0,567	0,368	0,472	0,816	0,227	23,111
26/08/2005	14	6,0	24,1	0,094	0,291	0,696	0,893	1,080	0,465	22,452
02/09/2005	20	6,0	23,9	0,170	0,526	0,382	0,490	0,847	0,253	22,286
09/09/2005	18			0,191	0,591	0,376	0,482	0,750		24,646
10/09/2005	17			0,178	0,551	0,528	0,677	0,995		32,253
23/09/2005	18			0,182	0,564	0,346	0,444	0,690		21,611
06/10/2005	18			0,183	0,567	0,392	0,503	0,782		24,618
13/10/2005	13			0,074	0,229	1,310	1,680	1,887		33,268
18/10/2005	9,7			0,384	1,189	0,479	0,614	0,515		63,123
04/11/2005	24			0,019	0,059	6,170	7,914	16,410		40,231
12/11/2005	22			0,020	0,062	5,220	6,695	12,726		35,828
22/11/2005				0,040	0,124	2,190	2,809			30,062
06/12/2005	35									

Aulne

Date	Nitrates (mg/l)	Silicates (mg SiO2/l)	Phosphates (mgP/l)	Phosphates (mgPO4--/l)	Silicates*4	Débits à Pont Pol (m3/s)	Débits m3/s	Flux de nitrates (tNO3/j)	Flux de silicates (tSiO2/j)	Flux de phosphates (kgPO4---/j)
06/01/2005	33	9,01	0,020	0,062	36,020	26,400	38,651	110,202	30,072	206,830
12/01/2005	28	8,72	0,020	0,062	34,864	39,300	57,537	139,194	43,329	307,895
20/01/2005	28	8,18	0,021	0,065	32,720	44,300	64,858	156,903	45,838	364,421
27/01/2005	34	8,41	0,017	0,052	33,641	33,400	48,899	143,647	35,533	218,513
03/02/2005	52	8,89	0,019	0,058	35,579	22,600	33,088	148,656	25,428	166,014
10/02/2005	39	9,17	0,023	0,071	36,679	18,500	27,085	91,266	21,458	165,624
16/02/2005	27	7,94	0,023	0,071	31,756	22,200	32,502	75,821	22,294	200,014
26/02/2005	31	8,15	0,017	0,053	32,604	21,500	31,477	84,308	22,168	143,175
03/03/2005	36	7,02	0,019	0,059	28,074	27,000	39,529	122,952	23,971	200,954
14/03/2005	41	7,48	0,017	0,053	29,911	17,600	25,767	91,278	16,648	117,165
17/03/2005	48	6,90	0,011	0,035	27,598	16,100	23,571	97,755	14,051	72,069
24/03/2005	31	5,98	0,007	0,021	23,908	14,300	20,936	56,075	10,812	37,750
31/03/2005	25	7,04	0,016	0,050	28,148	18,700	27,378	59,136	16,646	117,204
07/04/2005	23	6,92	0,016	0,050	27,672	12,000	17,569	34,912	10,501	75,211
14/04/2005	23	6,81	0,026	0,081	27,224	13,800	20,204	40,149	11,881	140,550
19/04/2005	23	6,88	0,022	0,068	27,508	17,100	25,035	49,750	14,875	147,366
28/04/2005	21	6,77	0,019	0,059	27,072	20,200	29,574	53,659	17,293	150,344
12/05/2005	24	6,97	0,014	0,043	27,884	12,600	18,447	38,252	11,111	69,100
20/05/2005	26	6,93	0,011	0,034	27,724	17,500	25,621	57,555	15,343	75,407
26/05/2005	18	6,17	0,018	0,056	24,664	11,200	16,397	25,501	8,736	78,972
02/06/2005	21	5,94	0,009	0,028	23,744	6,860	10,043	18,223	5,151	24,185
18/06/2005	18	1,72	0,014	0,043	6,876	4,970	7,276	11,316	1,081	27,256
25/06/2005	16	0,82	0,006	0,019	3,264	2,370	3,470	4,797	0,245	5,570
01/07/2005	3,2	0,11	0,008	0,025	0,424	3,500	5,124	1,417	0,047	10,968
02/07/2005	14	3,93	0,008	0,025	15,736	3,350	4,905	5,933	1,667	10,498
08/07/2005	14	2,95			11,788	3,100	4,539	5,490	1,156	
23/07/2005	12	0,88	0,006	0,019	3,528	1,990	2,913	3,021	0,222	4,677
30/07/2005	9,7	4,03	0,013	0,040	16,136	4,350	6,369	5,337	2,220	22,152
06/08/2005	5,7	4,79	0,009	0,028	19,156	2,370	3,470	1,709	1,436	8,355
12/08/2005	11	6,13	0,001	0,003	24,500	1,710	2,504	2,379	1,325	0,670
20/08/2005	7,9	5,32	0,005	0,015	21,276	2,140	3,133	2,139	1,440	4,191
25/08/2005	8,2	3,41	0,013	0,040	13,628	5,350	7,833	5,549	2,306	27,244
07/09/2005	6,4	0,34	0,004	0,012	1,378	3,730	5,461	3,020	0,163	5,845
12/09/2005	5,6	0,27	0,008	0,025	1,078	2,450	3,587	1,735	0,083	7,678
21/09/2005	5,6	0,79	0,006	0,019	3,144	2,030	2,972	1,438	0,202	4,771
26/09/2005	5,1	0,23	0,016	0,050	0,918	2,420	3,543	1,561	0,070	15,168
03/10/2005	5,6	1,72	0,010	0,031	6,898	2,670	3,909	1,891	0,582	10,459
10/10/2005	5,4	2,09	0,013	0,040	8,372	2,740	4,012	1,872	0,725	13,953
09/11/2005	24	9,06	0,006	0,019	36,231	32,500	47,582	98,665	37,237	76,386
17/11/2005	28	9,39	0,023	0,071	37,564	14,900	21,814	52,773	17,700	134,244
24/11/2005	27	8,98	0,023	0,071	35,918	9,910	14,509	33,846	11,256	89,286
01/12/2005	22	9,60	0,025	0,077	38,399	29,600	43,336	82,373	35,944	289,876
06/12/2005	19	8,72	0,025	0,077	34,899					

Kerharo

Date	Nitrates (mg/l)	Silicates (mg SiO ₂ /l)	Phosphates (mgP/l)	Phosphates (mgPO ₄ --/l)	Silicates*4
09/01/2005	40	9,99	0,022	0,068	39,98
16/01/2005	41	9,84	0,018	0,056	39,36
23/01/2005	35	9,30	0,045	0,139	37,21
29/01/2005	45	9,51	0,021	0,064	38,05
07/02/2005	27	9,81	0,015	0,046	39,25
12/02/2005	42	8,63	0,042	0,132	34,51
23/02/2005	49	9,52	0,017	0,053	38,06
26/02/2005	41	9,34	0,015	0,047	37,34
06/03/2005	36	9,25	0,019	0,058	36,99
13/03/2005	39	9,16	0,012	0,038	36,63
20/03/2005	37	9,13	0,013	0,042	36,50
27/03/2005	31	8,00	0,045	0,138	31,99
07/04/2005	30	8,90	0,029	0,090	35,60
17/04/2005	26	7,21	0,021	0,065	28,84
20/04/2005	20	6,41	0,073	0,226	25,62
30/04/2005	26	7,50	0,027	0,084	29,99
10/05/2005	29	6,75	0,024	0,074	27,02
22/05/2005	25	8,10	0,027	0,084	32,38
25/05/2005	26	7,94	0,024	0,074	31,74
01/06/2005	32	9,12	0,036	0,111	36,48
09/06/2005	24	8,40	0,050	0,155	33,59
26/06/2005	23	9,47	0,144	0,446	37,87
03/07/2005	29	10,49	0,060	0,186	41,96
16/07/2005	27	9,17	0,101	0,313	36,70
20/07/2005	28	10,03	0,073	0,226	40,13
24/07/2005	23	8,22	0,111	0,344	32,86
15/08/2005	29	9,47	0,086	0,266	37,89
21/08/2005	29	9,37	0,067	0,207	37,47
31/08/2005	28	9,97	0,046	0,142	39,89
04/09/2005	28	9,40	0,037	0,115	37,62
13/09/2005	24	9,95	0,053	0,164	39,79
21/09/2005	28	10,05	0,030	0,093	40,20
02/10/2005	24	11,79	0,044	0,136	47,16
16/10/2005	22	11,50	0,085	0,263	45,99
29/10/2005	22	11,87	0,040	0,124	47,48
12/11/2005	39	10,27	0,030	0,093	41,09
20/11/2005	40	10,47	0,017	0,053	41,87
27/11/2005	36	10,51	0,018	0,056	42,03
04/12/2005	34	8,24	0,055	0,170	32,97

Lapic

Date	Nitrates (mg/l)	Silicates (mgSiO2/l)	Phosphates (mgP/l)	Phosphates (mgPO4--/l)	Silicates*4
04/01/2005	50	11,83	0,026	0,081	47,30
15/01/2005	49	11,80	0,052	0,161	47,18
23/01/2005	49	11,45	0,059	0,183	45,79
24/01/2005	51	11,80	0,044	0,136	47,21
03/02/2005		11,38			45,53
11/02/2005	38	9,90	0,093	0,289	39,61
16/02/2005	52	11,26	0,036	0,113	45,03
25/02/2005	50	37,03	0,039	0,121	148,11
05/03/2005		11,30			45,19
10/03/2005	50	11,29	0,034	0,105	45,17
18/03/2005	48	11,27	0,046	0,143	45,07
23/03/2005	48	11,13	0,059	0,183	44,50
28/03/2005	47	11,30	0,059	0,183	45,19
07/04/2005	46	11,14	0,057	0,177	44,55
14/04/2005	40	10,98	0,073	0,226	43,90
23/04/2005	38	11,33	0,067	0,207	45,30
28/04/2005	38	11,01	0,086	0,266	44,04
05/05/2005	42	11,40	0,048	0,149	45,59
11/05/2005	44	11,26	0,072	0,223	45,02
18/05/2005	42	11,08	0,061	0,189	44,32
27/05/2005	42	11,32			45,28
02/06/2005	42	11,26			45,02
09/06/2005	41	11,34	0,078	0,242	45,34
14/06/2005	41	10,75	0,114	0,353	42,99
21/06/2005	39	11,08	0,129	0,399	44,32
29/06/2005	35	11,12	0,187	0,579	44,49
04/07/2005	39	13,84	0,137	0,424	55,36
15/07/2005	39	12,26	0,205	0,635	49,03
20/07/2005	38	11,50	0,204	0,632	46,02
28/07/2005	27	10,34	0,212	0,657	41,36
29/07/2005	30	12,25	0,168	0,520	48,99
03/08/2005	35	11,90	0,152	0,471	47,60
10/08/2005	41	12,03	0,296	0,917	48,12
20/08/2005	35	12,09	0,298	0,923	48,34
27/08/2005	33	11,95	0,190	0,588	47,78
07/09/2005	31	11,48	0,259	0,802	45,92
15/09/2005	31	10,03	0,186	0,576	40,14
23/09/2005	32	11,52	0,313	0,969	46,07
28/09/2005	28	11,56	0,208	0,644	46,24
04/10/2005	32	12,11	0,185	0,573	48,45
14/10/2005	26	11,90	0,171	0,530	47,59
21/10/2005	22	8,93	0,177	0,548	35,72
02/11/2005	27	4,85	0,076	0,235	19,40
05/11/2005	43	12,61	0,047	0,146	50,43
12/11/2005	45	11,95	0,044	0,136	47,80
18/11/2005	45	11,27	0,035	0,108	45,08
25/11/2005	43	11,16	0,041	0,127	44,65
02/12/2005	40	10,20	0,119	0,369	40,81

Ris

Date	Nitrates (mg/l)	Silicates (mgSiO2/l)	Phosphates (mgP/l)	Phosphates (mgPO4--/l)	Silicates*4
04/01/2005	37	14,97	0,045	0,139	59,87
12/01/2005	35	14,65	0,048	0,149	58,59
19/01/2005	33	13,54	0,068	0,211	54,15
03/02/2005	53	14,07	0,038	0,119	56,28
10/02/2005	51	14,35	0,037	0,114	57,38
17/02/2005	58	14,49	0,031	0,097	57,96
24/02/2005	39	14,44	0,038	0,118	57,76
03/03/2005	37	14,21	0,030	0,092	56,84
10/03/2005	38	14,61	0,030	0,093	58,45
17/03/2005	54	14,85	0,031	0,095	59,40
25/03/2005	35	13,31	0,038	0,117	53,23
31/03/2005	35	13,47	0,040	0,124	53,86
07/04/2005	35	13,20	0,033	0,102	52,82
14/04/2005	32	13,47	0,052	0,161	53,87
21/04/2005	34	13,31	0,026	0,081	53,23
29/04/2005	28	13,50	0,061	0,189	54,00
05/05/2005	34	13,71	0,030	0,093	54,82
13/05/2005	39	14,57	0,035	0,108	58,29
19/05/2005	33	12,77	0,083	0,257	51,09
26/05/2005	36	14,31	0,041	0,127	57,24
01/06/2005	38	14,60	0,045	0,139	58,39
07/06/2005	35	15,46	0,066	0,204	61,84
09/06/2005	38	14,42	0,042	0,130	57,68
15/06/2005	31	12,33	0,134	0,415	49,30
23/06/2005	36	14,10	0,050	0,155	56,40
29/06/2005	35	14,31	0,074	0,229	57,25
14/07/2005	36	15,41	0,060	0,186	61,64
21/07/2005	36	16,07	0,065	0,201	64,29
26/07/2005	23	12,61	0,167	0,517	50,43
02/08/2005	34	15,81	0,059	0,183	63,26
09/08/2005	37	16,04	0,064	0,198	64,17
17/08/2005	37	15,99	0,064	0,198	63,94
24/08/2005	37	16,44	0,045	0,139	65,76
06/09/2005	32	14,76	0,090	0,279	59,04
14/09/2005	34	16,99	0,055	0,170	67,95
22/09/2005	36	16,99	0,046	0,142	67,95
29/09/2005	32	16,56	0,057	0,177	66,23
06/10/2005	34	17,27	0,063	0,195	69,10
12/10/2005	29	16,64	0,063	0,195	66,58
21/10/2005	24	14,89	0,076	0,235	59,55
28/10/2005	27	16,38	0,051	0,157	65,51
04/11/2005	31	14,19	0,054	0,167	56,75
10/11/2005	30	14,44	0,683	2,116	57,74
20/11/2005	35	14,31	0,030	0,092	57,24
25/11/2005	34	14,64	0,050	0,155	58,54
03/12/2005	30	13,40	0,062	0,192	53,60

Saint Laurent

Date	Nitrates (mg/l)	Silicates (mgSiO2/l)	Phosphates (mgP/l)	Phosphates (mgPO4--/l)	Silicates*4	Débits m3/s	Flux de nitrates (tNO3/j)	Flux de silicates (tSiO2/j)	Flux de phosphates (kgPO4---/j)
05/01/2005	38	11,8	0,013	0,040	47,07	0,61	2,003	0,620	2,122
12/01/2005	38	11,9	0,009	0,028	47,64	0,70	2,298	0,720	1,686
20/01/2005	39	11,7	0,018	0,056	46,96	0,92	3,100	0,933	4,431
28/01/2005	47	11,3	0,009	0,029	45,00	0,83	3,370	0,807	2,082
03/02/2005	44	11,4	0,009	0,027	45,71	0,80	3,041	0,790	1,882
09/02/2005	44	11,5	0,011	0,033	46,13	0,69	2,623	0,687	1,947
17/02/2005	45	11,6	0,014	0,043	46,41	0,62	2,411	0,622	2,322
23/02/2005	46	11,6	0,007	0,021	46,34	0,61	2,424	0,611	1,100
03/03/2005	44	11,6	0,007	0,023	46,35	0,54	2,053	0,541	1,058
10/03/2005	46	11,5	0,005	0,015	45,95	0,47	1,868	0,467	0,626
16/03/2005	45	11,5	0,010	0,032	45,95	0,54	2,100	0,536	1,482
26/04/2005	38	11,8	0,012	0,037	47,03	0,53	1,740	0,538	1,702
04/05/2005	38	11,4	0,013	0,040	45,68				
20/05/2005	28	11,2	0,011	0,034	44,62	0,56	1,355	0,540	1,648
31/05/2005	42	11,8	0,010	0,031	47,06	0,39	1,415	0,396	1,043
10/06/2005	28	11,6	0,010	0,031	46,49	0,50	1,210	0,502	1,338
13/06/2005	44	12,0	0,005	0,015	47,85				
21/06/2005	41	13,0	0,014	0,043	52,08	0,21	0,744	0,236	0,787
30/06/2005	42	11,5	0,011	0,034	46,15	0,32	1,161	0,319	0,942
12/07/2005	45	11,8	0,033	0,102	47,35	0,14	0,544	0,143	1,236
21/07/2005	44	12,0	0,014	0,043	48,14	0,16	0,608	0,166	0,599
27/07/2005	31	12,7	0,026	0,081	50,86	0,28	0,750	0,308	1,948
09/08/2005	47	12,7	0,007	0,022	50,65	0,20	0,812	0,219	0,375
19/08/2005	46	12,7	0,013	0,040	50,92				
26/08/2005	37	13,0	0,011	0,034	52,15	0,12	0,384	0,135	0,353
31/08/2005	43	12,7	0,015	0,046	50,90	0,11	0,409	0,121	0,441
06/09/2005	32	11,2	0,031	0,096	44,94	0,15	0,415	0,146	1,244
13/09/2005	40	12,5	0,008	0,025	49,92	0,00	0,000	0,000	0,000
22/09/2005	41	12,4	0,012	0,037	49,73	0,00	0,000	0,000	0,000
30/09/2005	39	12,4	0,011	0,034	49,42	0,18	0,607	0,192	0,530
06/10/2005	40	12,6	0,011	0,034	50,53	0,06	0,207	0,065	0,177
21/10/2005	35	12,7	0,013	0,042	50,63				
28/10/2005	33	13,4	0,013	0,040	53,66				
02/11/2005	24	13,0	0,029	0,089	51,81				
07/11/2005	30	13,1	0,015	0,047	52,46				

ANNEXE IV
Fiche de renseignement des rivières suivies.

DOURDUFF

STATION : n°1

Département : Finistère

Commune : Plouézoc'h

Rivière : Dourduff

Localisation du prélèvement : D46, Dourduff en terre.

Surface du bassin versant (au point de prélèvement) : 75 km²

Historique des données : du 5/10/1998 au 31/07/2005

Caractéristique géologique: réserve souterraine forte

- Composition géologie : schiste (70%) et granite (20%)

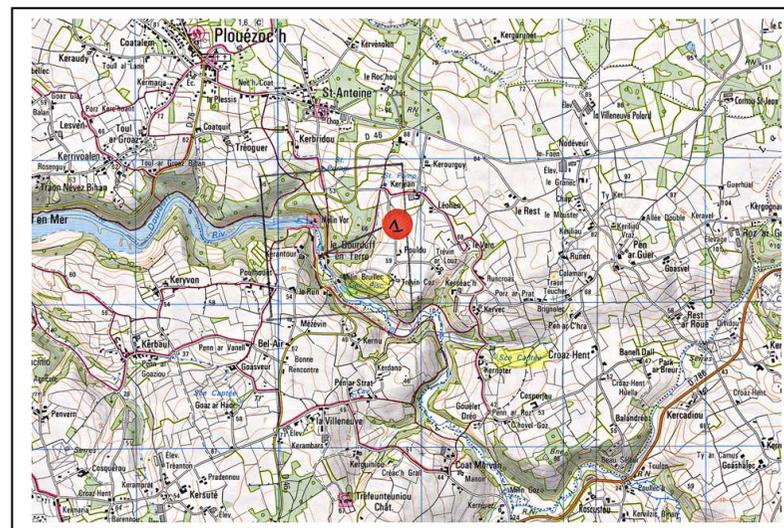


Photo numérique de la localisation

Usage anthropique du bassin versant :

Type d'usages	Usages
Assainissement	<u>Nombre de communes sur le bassin versant</u> : 7 <u>Nombre de stations d'épuration sur le BV</u> : 4
Agriculture	<u>Surface agricole utile</u> : 65% de la surface totale <u>Productions agricoles dominantes</u> : lait, légumes.
Industrie rejetant du nitrate et/ou du phosphate	/
Pisciculture	2 piscicultures

DOSSSEN

STATION : n°2

Département : Finistère

Commune : Morlaix

Rivière : Dossen comprenant : Queffleuth, Tromorgant, Jarlot

Localisation du prélèvement : Port de plaisance de Morlaix.

Surface du bassin versant (au point de prélèvement) : 235 km²

Historique des données : du 29/09/1998 au 18/05/2005

Caractéristique géologique: réserve souterraine forte

- Composition géologie : schiste et micaschiste majoritaire

Usage anthropique du bassin versant :

Type d'usages	Usages
Assainissement	<u>Nombre de communes sur le bassin versant</u> : 9 dont une de plus de 10 000 habitants (Morlaix) <u>Nombre de stations d'épuration sur le BV</u> : 5
Agriculture	<u>Surface agricole utile</u> : 50% de la surface totale <u>Productions agricoles dominantes</u> : lait, viande bovine.
Industrie rejetant du nitrate et/ou du phosphate	/
Pisciculture	5 piscicultures

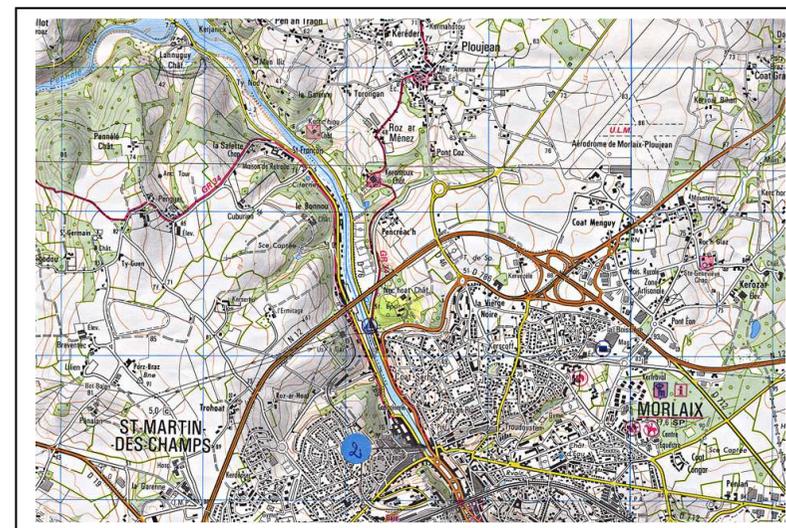


Photo numérique de la localisation

PENZE

STATION : n°3

Département : Finistère

Commune : Penzé

Rivière : Penzé

Localisation du prélèvement : au lieu dit Le Merdy.

Surface du bassin versant (au point de prélèvement) : 206 km²

Historique des données : du 29/12/1998 au 17/07/2005

Caractéristique géologique: réserve souterraine moyenne

- Composition géologie : schiste (35%), granite (35%), micaschiste (10%) et gneiss (20%).

Usage anthropique du bassin versant :

Type d'usages	Usages
Assainissement	<u>Nombre de communes sur le bassin versant</u> : 14 <u>Nombre de stations d'épuration sur le BV</u> : 3
Agriculture	<u>Surface agricole utile</u> : 69% de la surface totale <u>Productions agricoles dominantes</u> : lait, légumes et viande bovine.
Industrie rejetant du nitrate et/ou du phosphate	/
Pisciculture	3 piscicultures

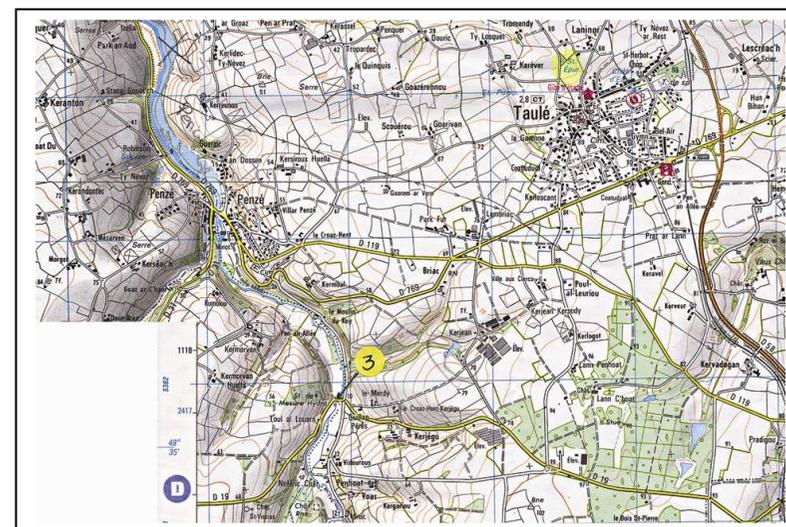


Photo numérique de la localisation

GUILLEC

STATION : n°4

Département : Finistère

Commune : Sibiril

Rivière : Guillec

Localisation du prélèvement : D10 à Saint Jacques.

Surface du bassin versant (au point de prélèvement) : 74 km²

Historique des données : du 5/11/1998 au 6/06/2005

Caractéristique géologique: réserve souterraine forte

- Composition géologie : micaschiste majoritaire et granite

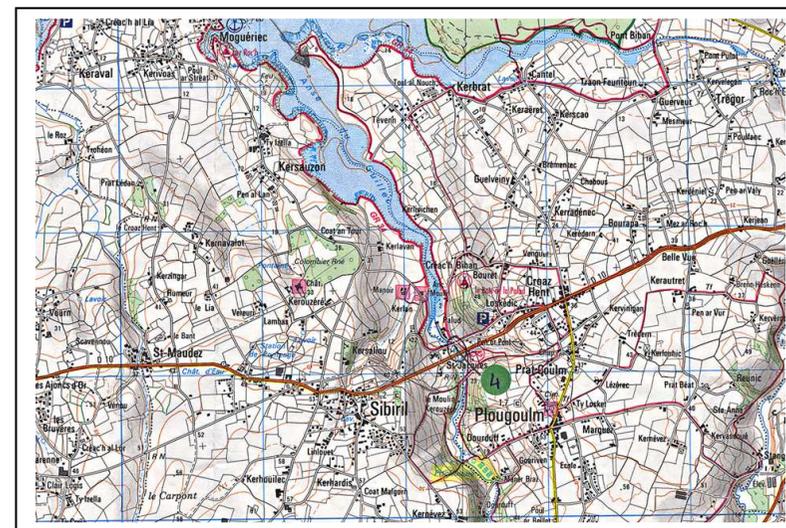


Photo numérique de la localisation

Usage anthropique du bassin versant :

Type d'usages	Usages
Assainissement	<u>Nombre de communes sur le bassin versant</u> : 12 <u>Nombre de stations d'épuration sur le BV</u> : 3
Agriculture	<u>Surface agricole utile</u> : 92% de la surface totale <u>Productions agricoles dominantes</u> : porc, volaille, légumes.
Industrie rejetant du nitrate et/ou du phosphate	/
Pisciculture	2 piscicultures

FLECHE

STATION : n°5

Département : Finistère

Commune : Tréfléz

Rivière : La Flèche

Localisation du prélèvement : D129 à Lanvrein.

Surface du bassin versant (au point de prélèvement) : 82 km²

Historique des données : du 7/10/1998 au 20/07/2005

Caractéristique géologique: réserve souterraine forte

- Composition géologie : granite majoritaire et micaschiste

Usage anthropique du bassin versant :

Type d'usages	Usages
Assainissement	<u>Nombre de communes sur le bassin versant</u> : 10 <u>Nombre de stations d'épuration sur le BV</u> : 0
Agriculture	<u>Surface agricole utile</u> : 75% de la surface totale <u>Productions agricoles dominantes</u> : porc, lait, légumes.
Industrie rejetant du nitrate et/ou du phosphate	/
Pisciculture	1 pisciculture

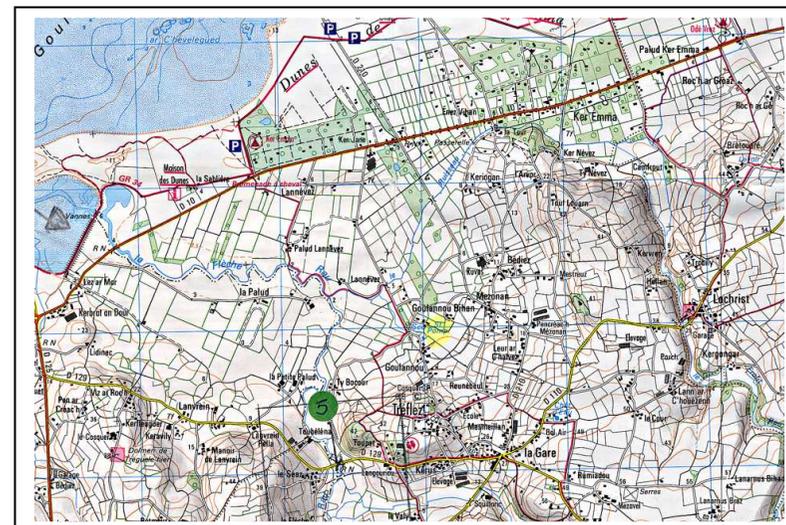


Photo numérique de la localisation

QUILLIMADEC

STATION : n°6

Département : Finistère

Commune : Lesneven

Rivière : Quillimadec

Localisation du prélèvement : D125, aire de repos, route de Lesneven.

Surface du bassin versant (au point de prélèvement) : 100 km²

Historique des données : du 21/10/1998 au 19/07/2005

Caractéristique géologique: réserve souterraine forte

- Composition géologie : granite, micaschiste et gneiss.

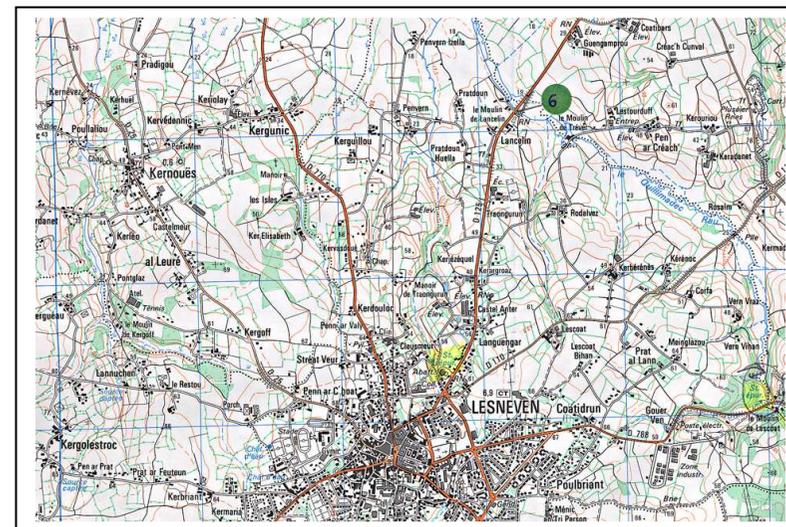


Photo numérique de la localisation

Usage anthropique du bassin versant :

Type d'usages	Usages
Assainissement	<u>Nombre de communes sur le bassin versant</u> : 15 <u>Nombre de stations d'épuration sur le BV</u> : 3
Agriculture	<u>Surface agricole utile</u> : 70% de la surface totale <u>Productions agricoles dominantes</u> : porc, lait, légumes.
Industrie rejetant du nitrate et/ou du phosphate	/
Pisciculture	1 pisciculture

ELORN

STATION : n°7

Département : Finistère

Commune : Landerneau

Rivière : Elorn

Localisation du prélèvement : Rue des écossais, sur le pont.

Surface du bassin versant (au point de prélèvement) : 285 km²

Historique des données : du 19/11/1998 au 16/07/2005

Caractéristique géologique: réserve souterraine moyenne

- Composition géologie : micaschiste, granite et gneiss

Usage anthropique du bassin versant :

Type d'usages	Usages
Assainissement	<p><u>Nombre de communes sur le bassin versant :</u> 21 dont une de plus de 10 000 habitants (Landerneau)</p> <p><u>Nombre de stations d'épuration sur le BV :</u> 12</p>
Agriculture	<p>Surface agricole utile : 70% de la surface totale</p> <p>Productions agricoles dominantes : viande bovine, porc.</p>
Industrie rejetant du nitrate et/ou du phosphate	Société DANISCO Cultor (usine de traitements d'algues)
Pisciculture	7 piscicultures

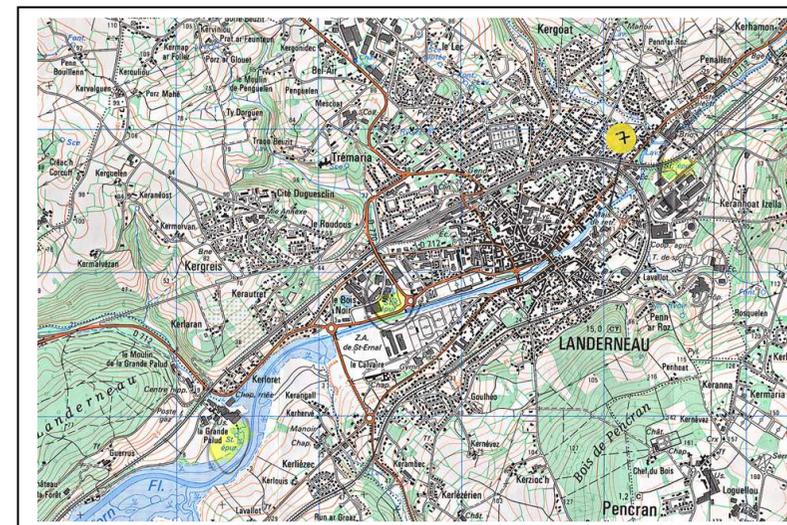


Photo numérique de la localisation

DOUFFINE

STATION : n°8

Département : Finistère

Commune : Pont de Buis

Rivière : Douffine

Localisation du prélèvement : D770, à Pont Neuf.

Surface du bassin versant (au point de prélèvement) : 177 km²

Historique des données : du 21/09/1998 au 14/07/2005

Caractéristique géologique: réserve souterraine faible

- Composition géologie : schiste

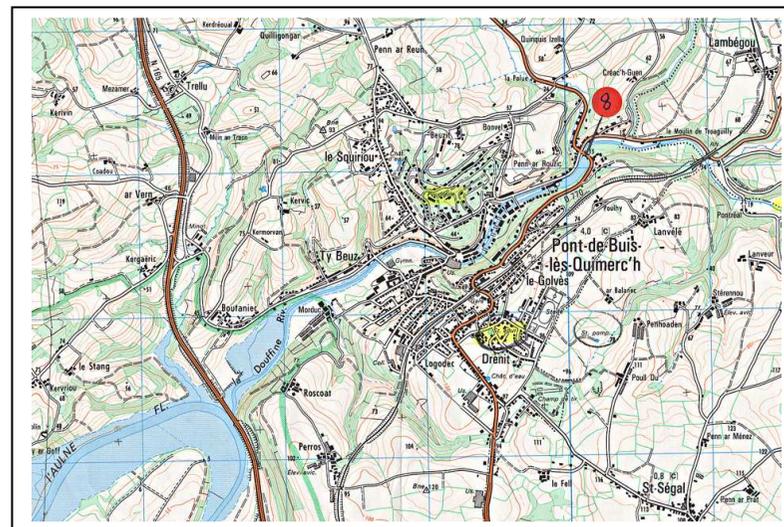


Photo numérique de la localisation

Usage anthropique du bassin versant :

Type d'usages	Usages
Assainissement	<u>Nombre de communes sur le bassin versant :</u> 12 <u>Nombre de stations d'épuration sur le BV :</u> 2
Agriculture	<u>Surface agricole utile :</u> 55% de la surface totale <u>Productions agricoles dominantes :</u> viande bovine, porc.
Industrie rejetant du nitrate et/ou du phosphate	Société Nobel Sport (fabrication et stockage d'explosif)
Pisciculture	4 piscicultures

AULNE

STATION : n°9

Département : Finistère, Côtes d'armor, Morbihan

Commune : Châteaulin

Rivière : Aulne

Localisation du prélèvement : le pont dans le centre ville de Châteaulin.

Surface du bassin versant (au point de prélèvement) : 1792 km²

Historique des données : du 30/09/1998 au 02/06/2005

Caractéristique géologique: réserve souterraine faible

- Composition géologie : schiste (80%) et granite (20%)

Usage anthropique du bassin versant :

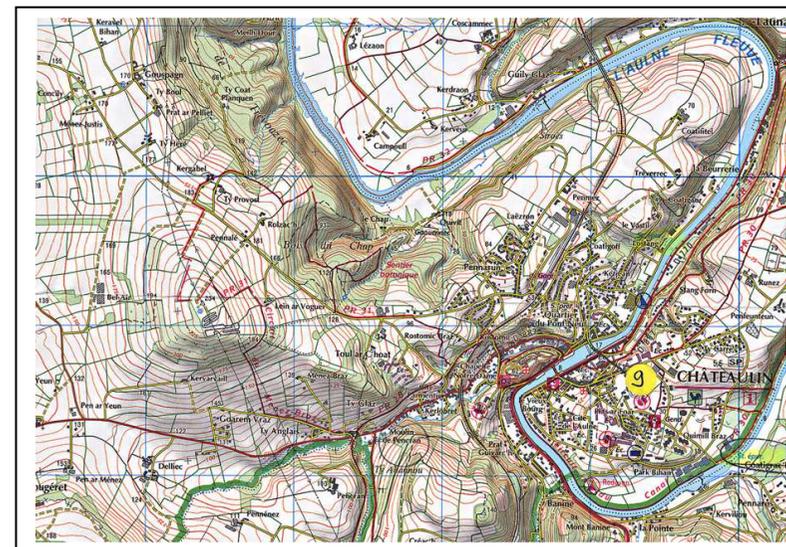


Photo numérique de la localisation

Type d'usages	Usages
Assainissement	<p><u>Nombre de communes sur le bassin versant</u> : 42 (dans le Finistère)</p> <p><u>Nombre de stations d'épuration sur le BV</u> : 15 (dans le Finistère)</p>
Agriculture	<p><u>Surface agricole utile</u> : 70% de la surface totale</p> <p><u>Productions agricoles dominantes</u> : viande bovine, volaille.</p>
Industrie rejetant du nitrate et/ou du phosphate	<p>Société DOUX (abattoir, découpe et transformation de volailles)</p> <p>Société SOCOPA (abattoir et transformation de porcs)</p>
Pisciculture	9 piscicultures

KERHARO

STATION : n°10

Département : Finistère

Commune : Ploeven

Rivière : Dourduff

Localisation du prélèvement : à la plage de Kerviguen (à l'exutoire).

Surface du bassin versant (au point de prélèvement) : 48 km²

Historique des données : du 4/05/1999 au 20/07/2005

Caractéristique géologique: réserve souterraine faible

- Composition géologie : quartzite et micaschiste

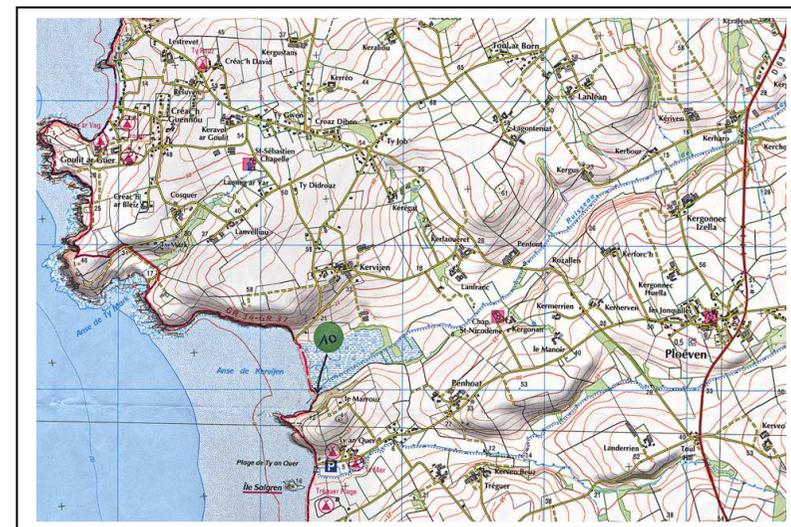


Photo numérique de la localisation

Usage anthropique du bassin versant :

Type d'usages	Usages
Assainissement	<u>Nombre de communes sur le bassin versant</u> : 3 <u>Nombre de stations d'épuration sur le BV</u> : 1
Agriculture	<u>Surface agricole utile</u> : 76% de la surface totale <u>Productions agricoles dominantes</u> : porc, lait.
Industrie rejetant du nitrate et/ou du phosphate	/
Pisciculture	/

LAPIC

STATION : n°11

Département : Finistère

Commune : Plonevez-Porzay

Rivière : Lopic

Localisation du prélèvement : à Tréfeuntec (à l'exutoire).

Surface du bassin versant (au point de prélèvement) : 28 km²

Historique des données : du 22/10/1998 au 21/06/2005

Caractéristique géologique: réserve souterraine faible

- Composition géologie : micaschiste

Usage anthropique du bassin versant :

Type d'usages	Usages
Assainissement	<u>Nombre de communes sur le bassin versant</u> : 4 <u>Nombre de stations d'épuration sur le BV</u> : 2
Agriculture	<u>Surface agricole utile</u> : 74% de la surface totale <u>Productions agricoles dominantes</u> : porc, lait.
Industrie rejetant du nitrate et/ou du phosphate	/
Pisciculture	/



Photo numérique de la localisation

RIS

STATION : n°12

Département : Finistère

Commune : Le Juc'h

Rivière : Ris

Localisation du prélèvement : D39, entre Kerstrat et Mescalet.

Surface du bassin versant (au point de prélèvement) : 37 km²

Historique des données : du 24/09/1998 au 21/07/2005

Caractéristique géologique: réserve souterraine forte

- Composition géologie : micaschiste majoritaire et granite

Usage anthropique du bassin versant :

Type d'usages	Usages
Assainissement	<u>Nombre de communes sur le bassin versant</u> : 6 <u>Nombre de stations d'épuration sur le BV</u> : 3
Agriculture	<u>Surface agricole utile</u> : 70% de la surface totale <u>Productions agricoles dominantes</u> : porc, lait.
Industrie rejetant du nitrate et/ou du phosphate	/
Pisciculture	/

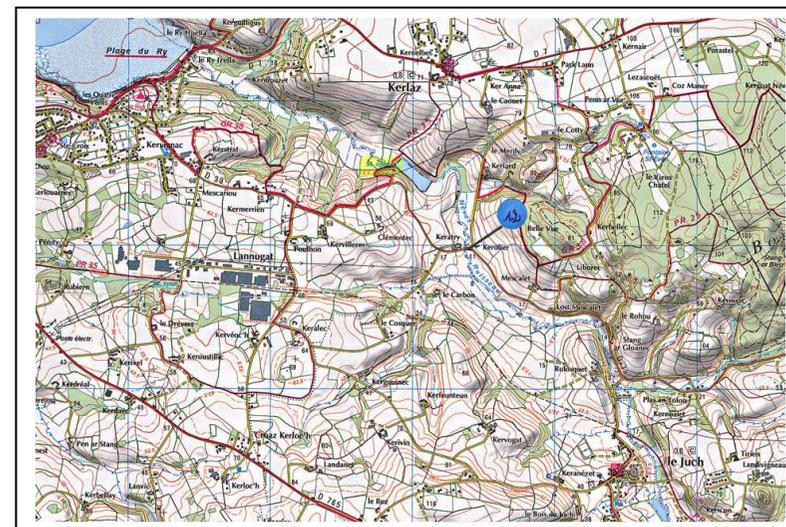


Photo numérique de la localisation

SAINT LAURENT

STATION : n°13

Département : Finistère

Commune : La Forêt Fouesnant

Rivière : Saint Laurent

Localisation du prélèvement : à Beg Menez, à l'exutoire.

Surface du bassin versant (au point de prélèvement) : 39 km²

Historique des données : du 22/10/1998 au 21/07/2005

Caractéristique géologique: réserve souterraine forte

- Composition géologie : micaschiste et granite

Usage anthropique du bassin versant :

Type d'usages	Usages
Assainissement	<u>Nombre de communes sur le bassin versant</u> : 5 <u>Nombre de stations d'épuration sur le BV</u> : 1
Agriculture	<u>Surface agricole utile</u> : 40% de la surface totale <u>Productions agricoles dominantes</u> : volailles.
Industrie rejetant du nitrate et/ou du phosphate	/
Pisciculture	/

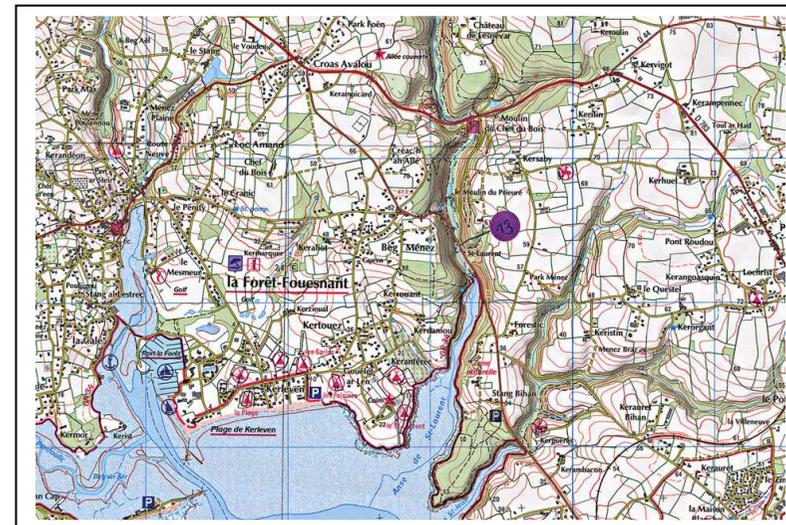


Photo numérique de la localisation

ANNEXE V

Classification des rivières en bassins versants (selon le BRGM)

Classements des rivières	Rivières
Réserves souterraines faibles	Douffine
	Aulne
	Kerharo
	Lapic
Réserves souterraines moyennes	Penzé
	Elorn
Réserves souterraines fortes	Dourduff
	Dossen
	Guillec
	Flèche
	Quillimadec
	Ris
	Saint Laurent

ANNEXE VI (Tests statistiques)

	Nitrates		Silicates		Phosphates			
Dourduff	0,0000	1999	X	0,3904	1999	0,0003	1999	X
		2001	X		2001	X X		
		2002	X		2002	X X		
		2003	X		2003	X		
		2004	X		2004	X		
Dossen	0,0000	1999	X	0,0114	1999	0,0001	1999	X X
		2001	X		2001	X		
		2002	X		2002	X		
		2003	X		2003	X		
		2004	X		2004	X X		
Penzé	0,0000	1999	X	0,0000	1999	0,0452	1999	X X
		2001	X		2001	X		
		2002	X		2002	X		
		2003	X		2003	X		
		2004	X		2004	X		
Guillec	0,0054	1999	X	0,0000	1999	0,0000	1999	X
		2001	X		2001	X		
		2002	X		2002	X X		
		2003	X X		2003	X		
		2004	X		2004	X		
Flèche	0,0011	1999		0,0807	1999	0,0328	1999	X
		2001			2001	X X		
		2002			2002	X		
		2003			2003	X X X		
		2004			2004	X X		
Quillimadec	0,0278	1999	X	0,2034	1999	0,9870	1999	
		2001	X		2001			
		2002	X		2002			
		2003	X X		2003			
		2004	X		2004			
Elorn	0,0000	1999	X	0,0000	1999	0,4348	1999	
		2001	X		2001	X		
		2002	X		2002	X		
		2003	X X		2003	X		
		2004	X		2004	X X		
Douffine	0,0000	1999	X	0,1011	1999	0,0000	1999	X X
		2001	X		2001	X		
		2002	X		2002	X		
		2003	X		2003	X		
		2004	X		2004	X		
Aulne	0,0000	1999	X	0,0001	1999	0,2585	1999	
		2001	X		2001	X		
		2002	X X		2002	X X		
		2003	X		2003	X		
		2004	X		2004	X		
Kerharo	0,0006	1999	X	0,0006	1999	0,5980	1999	
		2001	X X		2001	X		
		2002	X		2002	X		
		2003	X		2003	X		
		2004	X X		2004	X X		
Lapic	0,0000	1999	X	0,0000	1999	0,0006	1999	X X
		2001	X		2001	X X		
		2002	X X		2002	X		
		2003	X		2003	X		
		2004	X X		2004	X		
Ris	0,0070	1999	X	0,0000	1999	0,0003	1999	X
		2001	X X		2001	X		
		2002	X		2002	X X		
		2003	X X		2003	X		
		2004	X X		2004	X		
Saint Laurent	0,0000	1999	X	0,0000	1999	0,8623	1999	
		2001	X X		2001	X		
		2002	X		2002	X		
		2003	X		2003	X X		
		2004	X		2004	X		

Résultat du test Anova :
si $< 0,05$ les moyennes
annuelles sont statistiquement
différentes

De gauche à droite, les
colonnes
représentent
des
concentrations
croissantes du
paramètre.

0,0250	1999	X
	2001	X
	2002	X
	2003	X X
	2004	X

Résultats du test des étendues multiples :
définition des groupes homogènes

Dans chaque colonne, les niveaux
contenant des x forment un groupe
homogène desquelles il n'existe pas
de différences statistiquement
significatives au niveau de confiance
de 95%.

Cette procédure calcule une
analyse de la variance à un
facteur pour l'un des paramètres
(nitrate ou silicate ou
phosphate). Elle affiche divers
tests pour comparer les valeurs
moyennes du paramètre pour les
5 années suivies. Le test ANOVA
teste s'il y a des différences
significatives entre les moyennes.
S'il y en a, le test des étendues
multiples indiquent quelles
moyennes sont significativement
différentes les uns des autres.

Ex de résultats:

Ici, comme la valeur de probabilité pour
le test ANOVA est inférieure à 0,05 au
niveau de confiance de 95% (erreurs
acceptées ou $\alpha=5\%$), il existe une
différence statistiquement significative
entre les moyennes du paramètre étudié.
Pour déterminer quelles moyennes sont
significativement différentes les uns des
autres, nous utilisons le test des
étendues multiples :
Ici, le test présente deux colonnes donc
les années 1999, 2001, 2003, 2004
forment un 1^{er} groupe homogène et
2002, 2003 forment un 2^{ème} groupe
homogène.
Nous pouvons donc en conclure : à
 $\alpha=5\%$, qu'il existe des différences
significatives entre l'année 2002 et le
groupe des années (1999, 2001, 2004).
Par contre, l'année 2003 appartenant
aux deux groupes, nous ne pouvons pas
dire si la différence est significative à
 $\alpha=5\%$.

Bibliographie

- AMINOT A., KEROUEL R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses. *Ifremer*, 147-231.
- AUROUSSEAU P., VINSON J., DE BARMON V., MORISSON C., PRIOUL F., 2003. Calculs des flux annuels et des flux spécifiques annuels d'azote nitrique des principaux fleuves et rivières de Bretagne. *Rapport ENSAR*, 25p.
- AUROUSSEAU P., VINSON J., 2004. Mise en évidence de cycles pluriannuels relatifs aux concentrations et aux flux de nitrates dans les bassins versants de Bretagne. Conséquences pour l'interprétation de l'évolution de la qualité de l'eau. *Article en cours*, 18p.
- CANN C., BORDENAVE P., SAINT-CAST P., BENOIST J. C., 1999. Transfert et flux de nutriments - Importance des transports de surface et de faible profondeur. *In Actes de colloques 'Pollutions diffuses : du bassin versant au littoral'*. *Ifremer*, 125-140.
- FRANCOIS O., 1994. Modélisation empirique des transferts de phosphore dans des bassins versants ruraux. *Mémoire de DAA génie de l'environnement, option transferts hydriques et énergétiques. Cemagref, Ensa Rennes*, 64P.
- MARTIN C., 2003. Mécanismes hydrologiques et hydrochimiques impliqués dans les saisonnières des teneurs en nitrate dans les bassins versants agricoles : approche expérimentale et modélisation. *Thèse. INRA Rennes*. 255p.
- MARTIN., AQUILINA L., GASCUEL-ODOUX C., MOLENAT J., FAUCHEUX M. AND RUIZ L. 2004. Seasonal and inter-annual variations of nitrate and chloride in streamwaters related to spatial and temporal patterns of groundwater concentrations in agricultural catchments, *Hydrological Processes*, **18**, 1237-1254
- PIRIOU J. Y., SOUCHU P., 2001. Le rôle des bassins versants dans le calendrier des apports terrigènes de nutriments. *In Rapport IFREMER 'L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France'*. *Ifremer*, 23-26.